

**SUIVI DU MILIEU MARIN DU CENTRE  
DE TRAITEMENT MULTIFILIERE DES  
DECHETS MENAGERS DE  
MARSEILLE PROVENCE  
METROPOLE A FOS-SUR-MER**



*Rapport final*

*Version 3.0*

*Mai 2015*

*Référence Contrat iXSurvey : 84C038 – EveRe – SuiviEnvironnemental2014*

*Référence Document iXSurvey : iXSurvey\_EveRe\_SuiviEnvironnemental2014\_RapportFinal\_V3.0*

Siège social : 55 Avenue Auguste Renoir  
78160 Marly le Roi – France  
Site industriel : 46 Quai François Mitterrand  
13600 La Ciotat - FRANCE

Tél : +33 (0) 4 42 71 33 33  
Fax : +33 (0) 1 30 08 86 01  
[www.ixsurvey.com](http://www.ixsurvey.com)

Société par action simplifiée au capital de 4 100 000 €  
R.C.S Versailles 478950 504  
SIRET 478 950 504 00017 – Code APE 7 11B  
N° TVA Intra FR 30 478 950 504

## INFORMATIONS ASSURANCE QUALITÉ

ii

PROJET	SUIVI DE L'ÉTAT DU MILIEU AU DROIT DU CENTRE DE PRODUCTION THERMIQUE (CPT) DE MARTIGUES	
Client	EveRé	
Référence iXSurvey	84C038 – EveRe – SuiviEnvironnemental2014	
Référence Client		
Titre du document	Suivi de l'état du milieu dans l'anse de Carteau en lien avec le centre de traitement multifilière des déchets ménagers de Marseille Provence Métropole à Fos-sur-Mer	
Référence du document	iXSurvey_EveRe_SuiviEnvironnemental2014_RapportFinal_V3.0	
Version	3.0	
Date de livraison	29/05/2015	
Préparé par	Laura BARDET	Chargée d'Etudes Environnement Marin
Validé par	Eric DELORT	Directeur iXSurvey

## REVISIONS DU DOCUMENT

COMMENTAIRES	VERSION	PREPARE PAR	VALIDE PAR	DATE
Rapport intermédiaire	1.0	Laura BARDET	Eric DELORT	04/02/2015
Rapport final	1.0	Laura BARDET	Eric DELORT	27/02/2015
Rapport final	2.0	Aurélie NEMETH		26/05/2015
Rapport final	3.0	Laura BARDET	Eric DELORT	29/05/2015

# SOMMAIRE

iii

<b>1. INTRODUCTION ET CONTEXTE INDUSTRIEL DE LA ZONE D'ETUDE</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MODALITÉ DU SUIVI ANNUEL 2014</b> .....	<b>4</b>
2.1. CONTENU DU SUIVI 2014 .....	5
2.2. MOYENS HUMAIN ET NAUTIQUE .....	5
2.3. CONDITIONS D'INTERVENTION.....	6
<b>3. MATÉRIEL ET MÉTHODES</b> .....	<b>7</b>
3.1. PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES DES SÉDIMENTS .....	8
3.1.1. <i>Plan d'échantillonnage</i> .....	8
3.1.2. <i>Prélèvements des sédiments</i> .....	9
3.1.3. <i>Descriptions et conditions d'acceptabilité des échantillons de sédiment</i> .....	10
3.1.4. <i>Conditionnement des échantillons de sédiments</i> .....	11
3.1.5. <i>Analyses physico-chimiques des sédiments</i> .....	11
3.1.6. <i>Méthodologie de l'interprétation</i> .....	12
3.2. SUIVI DE LA QUALITÉ DU BIOTE .....	16
3.2.1. <i>Plan d'échantillonnage</i> .....	16
3.2.2. <i>Collecte des moules sauvages et conditionnement</i> .....	17
3.2.3. <i>Description et conditions d'acceptabilité des prélèvements</i> .....	18
3.2.4. <i>Épuration des organismes</i> .....	18
3.2.5. <i>Conditionnement et transport des échantillons</i> .....	18
3.2.6. <i>Analyses chimique et biométrique</i> .....	19
3.2.7. <i>Méthodologie de l'interprétation</i> .....	19
3.3. MÉTHODES D'ANALYSE.....	20
3.3.1. <i>Analyse des données inférieures à la limite de quantification</i> .....	20
3.3.2. <i>Normalisation des données brutes</i> .....	21
<b>4. ÉTUDE DE LA QUALITÉ DES SÉDIMENTS</b> .....	<b>22</b>
4.1. RÉSULTATS BRUTS .....	23
4.2. GRANULOMÉTRIE ET FRACTION FINE .....	27
4.2.1. <i>Résultats du suivi 2014</i> .....	27
4.2.2. <i>Comparaison avec les données précédentes</i> .....	29
4.3. CARBONE ORGANIQUE TOTAL.....	31
4.3.1. <i>Résultats du suivi 2014</i> .....	31
4.3.2. <i>Comparaison avec les données précédentes</i> .....	33
4.3.3. <i>Normalisation</i> .....	35
4.4. ALUMINIUM .....	36

4.4.1.	Résultats du suivi 2014 .....	36
4.4.2.	Comparaison avec les données précédentes.....	37
4.4.3.	Normalisation .....	39
4.5.	ARSENIC .....	40
4.5.1.	Résultats du suivi 2014 .....	40
4.5.2.	Comparaison avec les données précédentes.....	41
4.6.	CADMIUM.....	43
4.6.1.	Résultats du suivi 2014 .....	43
4.6.2.	Comparaison avec les données précédentes.....	44
4.7.	CHROME.....	46
4.7.1.	Résultats du suivi 2014 .....	46
4.7.2.	Comparaison avec les données précédentes.....	47
4.7.3.	Normalisation .....	49
4.8.	CUIVRE.....	50
4.8.1.	Résultats du suivi 2014 .....	50
4.8.2.	Comparaison avec les données précédentes.....	51
4.8.3.	Normalisation .....	53
4.9.	MERCURE .....	54
4.9.1.	Résultats du suivi 2014 .....	54
4.9.2.	Comparaison avec les données précédentes.....	55
4.9.3.	Normalisation .....	57
4.10.	NICKEL .....	58
4.10.1.	Résultats du suivi 2014 .....	58
4.10.2.	Comparaison avec les données précédentes.....	59
4.10.3.	Normalisation .....	61
4.11.	PLOMB.....	62
4.11.1.	Résultats du suivi 2014 .....	62
4.11.2.	Comparaison avec les données précédentes.....	63
4.11.3.	Normalisation .....	65
4.12.	ZINC.....	66
4.12.1.	Résultats du suivi 2014 .....	66
4.12.2.	Comparaison avec les données précédentes.....	67
4.12.3.	Normalisation .....	69
4.13.	DIOXINES ET FURANNES .....	70
4.13.1.	Résultats du suivi 2014 .....	70
4.13.2.	Comparaison avec les données précédentes.....	71
4.13.3.	Normalisation .....	73

4.14.	PCB INDICATEURS .....	73
4.14.1.	<i>Résultats du suivi 2014</i> .....	73
4.14.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes</i> .....	75
4.14.3.	<i>Normalisation</i> .....	77
4.15.	PCB-DL .....	77
4.15.1.	<i>Résultats du suivi 2014</i> .....	77
4.15.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes</i> .....	78
4.15.3.	<i>Normalisation</i> .....	81
<b>6.</b>	<b>ÉTUDE DE LA QUALITÉ DU BIOTE</b> .....	<b>82</b>
6.1.	RÉSULTATS BRUTS .....	83
6.2.	INDICE DE CONDITION.....	86
6.3.	ALUMINIUM .....	87
6.3.1.	<i>Résultats du suivi 2014</i> .....	87
6.3.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes</i> .....	88
6.3.3.	<i>Normalisation</i> .....	90
6.4.	ARSENIC .....	90
6.4.1.	<i>Résultats du suivi 2014</i> .....	90
6.4.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes</i> .....	91
6.4.3.	<i>Normalisation</i> .....	93
6.5.	CADMIUM.....	93
6.5.1.	<i>Résultats du suivi 2014</i> .....	93
6.5.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes</i> .....	95
6.5.3.	<i>Normalisation</i> .....	95
6.6.	CHROME.....	97
6.6.1.	<i>Résultats du suivi 2014</i> .....	97
6.6.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes</i> .....	98
6.6.3.	<i>Normalisation</i> .....	100
6.7.	CUIVRE.....	100
6.7.1.	<i>Résultats du suivi 2014</i> .....	100
6.7.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes</i> .....	101
6.7.3.	<i>Normalisation</i> .....	103
6.8.	MERCURE .....	103
6.8.1.	<i>Résultats du suivi 2014</i> .....	103
6.8.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes</i> .....	104
6.8.3.	<i>Normalisation</i> .....	106
6.9.	NICKEL .....	106
6.9.1.	<i>Résultats du suivi 2014</i> .....	106

6.9.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes.....</i>	107
6.9.3.	<i>Normalisation .....</i>	109
6.10.	PLOMB .....	109
6.10.1.	<i>Résultats du suivi 2014 .....</i>	109
6.10.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes.....</i>	110
6.10.3.	<i>Normalisation .....</i>	112
6.11.	ZINC.....	112
6.11.1.	<i>Résultats du suivi 2014 .....</i>	112
6.11.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes.....</i>	113
6.11.3.	<i>Normalisation .....</i>	115
6.12.	DIOXINES ET FURANNES .....	115
6.12.1.	<i>Résultats du suivi 2014 .....</i>	115
6.12.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes.....</i>	116
6.12.3.	<i>Normalisation .....</i>	118
6.13.	PCB INDICATEURS .....	118
6.13.1.	<i>Résultats du suivi 2014 .....</i>	118
6.13.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes.....</i>	119
6.13.3.	<i>Normalisation .....</i>	121
6.14.	PCB-DL .....	121
6.14.1.	<i>Résultats du suivi 2014 .....</i>	121
6.14.2.	<i>Comparaison avec les données précédentes.....</i>	122
6.14.3.	<i>Normalisation .....</i>	125
<b>7.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>126</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>130</b>
<b>9.</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>132</b>
9.1.	FICHE DE TERRAIN – PRÉLÈVEMENT DE SÉDIMENT MARIN .....	133

---

## **LISTE DES FIGURES**

---

*vii*

Figure 1 : Bateau de travail GGXIII. ....	6
Figure 2 : Carte de localisation des stations de prélèvement de sédiment. ....	9
Figure 3 : Benne Van Veen (0.1 m <sup>2</sup> ) fermée. ....	9
Figure 5 : Comparsateur de granulométrie (Blatt, 1982). ....	10
Figure 4 : Conditions d'acceptabilité d'un échantillon de sédiments prélevé par benne (Tetra Tech, 1987, Recommended protocols for sampling an analyzing subtidal benthic macroinvertebrate assemblages in Puget Sound). ....	10
Figure 6 : Classification granulométrique de Wentworth. ....	13
Figure 7 : Carte de localisation des stations de prélèvement de moules sauvages. ....	17
Figure 8 : Répartitions granulométriques des particules de 0 à 2 mm (en % volume différentiel) et > 2 mm au niveau des 12 stations de prélèvement de sédiment, Fos-sur-Mer, 2014. ....	27
Figure 9 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour la fraction fine dans les sédiments. ....	28
Figure 10 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour la fraction fine dans les sédiments. ....	30
Figure 11 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le COT dans les sédiments. ....	32
Figure 12 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le COT dans les sédiments. ....	34
Figure 13 : Normalisation du COT par la fraction fine dans les sédiments. ....	35
Figure 14 : Normalisation du COT par l'aluminium dans les sédiments. ....	35
Figure 15 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour l'aluminium dans les sédiments. ....	36
Figure 16 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour l'aluminium dans les sédiments. ....	38
Figure 17 : Normalisation de l'aluminium par la fraction fine dans les sédiments. ....	39
Figure 18 : Normalisation de l'aluminium par le COT dans les sédiments. ....	39
Figure 19 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour l'arsenic dans les sédiments. ....	40
Figure 20 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour l'arsenic dans les sédiments. ....	42
Figure 21 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le cadmium dans les sédiments. ....	43
Figure 22 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le cadmium dans les sédiments. ....	45
Figure 23 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le chrome dans les sédiments. ....	46
Figure 24 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le chrome dans les sédiments. ....	48
Figure 25 : Normalisation du chrome par la fraction fine dans les sédiments. ....	49
Figure 26 : Normalisation du chrome par l'aluminium dans les sédiments. ....	49

Figure 27 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le cuivre dans les sédiments. ....	50
Figure 28 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le cuivre dans les sédiments. ....	52
Figure 29 : Normalisation du cuivre par la fraction fine dans les sédiments. ....	53
Figure 30 : Normalisation du cuivre par l'aluminium dans les sédiments. ....	53
Figure 31 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le mercure dans les sédiments. ....	54
Figure 32 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le mercure dans les sédiments. ....	56
Figure 33 : Normalisation du mercure par la fraction fine dans les sédiments. ....	57
Figure 34 : Normalisation du mercure par l'aluminium dans les sédiments. ....	57
Figure 35 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le nickel dans les sédiments. ....	58
Figure 36 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le nickel dans les sédiments. ....	60
Figure 37 : Normalisation du nickel par la fraction fine dans les sédiments. ....	61
Figure 38 : Normalisation du nickel par l'aluminium dans les sédiments. ....	61
Figure 39 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le plomb dans les sédiments. ....	62
Figure 40 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le plomb dans les sédiments. ....	64
Figure 41 : Normalisation du plomb par la fraction fine dans les sédiments. ....	65
Figure 42 : Normalisation du plomb par l'aluminium dans les sédiments. ....	65
Figure 43 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le zinc dans les sédiments. ....	66
Figure 44 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le zinc dans les sédiments. ....	68
Figure 45 : Normalisation du zinc par la fraction fine dans les sédiments. ....	69
Figure 46 : Normalisation du zinc par l'aluminium dans les sédiments. ....	69
Figure 47 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour les PCDD'F dans les sédiments. ....	70
Figure 48 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCDD'F dans les sédiments. ....	72
Figure 49 : Normalisation des PCDD'F par la fraction fine dans les sédiments. ....	73
Figure 50 : Normalisation des PCDD'F par l'aluminium dans les sédiments. ....	73
Figure 51 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour les PCB indicateurs dans les sédiments. .	74
Figure 52 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCB indicateurs dans les sédiments. ....	76
Figure 53 : Normalisation des PCB indicateurs par la fraction fine dans les sédiments. ....	77
Figure 54 : Normalisation des PCB indicateurs par l'aluminium dans les sédiments. ....	77
Figure 55 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour les PCB-DL dans les sédiments. ....	78

Figure 56 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCB-DL dans les sédiments.....	80
Figure 57 : Normalisation des PCB-DL par la fraction fine dans les sédiments.....	81
Figure 58 : Normalisation des PCB-DL par l'aluminium dans les sédiments. ....	81
Figure 59 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour l'indice de condition.....	86
Figure 60 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour l'aluminium dans les moules.....	87
Figure 61 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour l'aluminium dans les moules.....	89
Figure 62 : Normalisation de l'aluminium par l'indice de condition. ....	90
Figure 63 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour l'arsenic dans les moules. ....	91
Figure 64 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour l'arsenic dans les moules.....	92
Figure 65 : Normalisation de l'arsenic par l'indice de condition.....	93
Figure 66 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le cadmium dans les moules. ....	94
Figure 67 : Normalisation du cadmium par l'indice de condition. ....	95
Figure 68 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le cadmium dans les moules.....	96
Figure 69 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le chrome dans les moules. ....	97
Figure 70 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le chrome dans les moules.....	99
Figure 71 : Normalisation du chrome par l'indice de condition.....	100
Figure 72 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le cuivre dans les moules.....	101
Figure 73 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le cuivre dans les moules.....	102
Figure 74 : Normalisation du cuivre par l'indice de condition. ....	103
Figure 75 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le mercure dans les moules. ....	104
Figure 76 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le mercure dans les moules.....	105
Figure 77 : Normalisation du mercure par l'indice de condition. ....	106
Figure 78 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le nickel dans les moules.....	107
Figure 79 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le nickel dans les moules.....	108
Figure 80 : Normalisation du nickel par l'indice de condition.....	109
Figure 81 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le plomb dans les moules.....	110
Figure 82 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le plomb dans les moules.....	111
Figure 83 : Normalisation du plomb par l'indice de condition.....	112
Figure 84 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le zinc dans les moules.....	113

Figure 85 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le zinc dans les moules.....	114
Figure 86 : Normalisation du zinc par l'indice de condition.....	115
Figure 87 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour les PCDD'F dans les moules. ....	116
Figure 88 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCDD'F dans les moules.....	117
Figure 89 : Normalisation des PCDD'F par l'indice de condition.....	118
Figure 90 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour les PCBi dans les moules. ....	119
Figure 91 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCBi dans les moules.....	120
Figure 92 : Normalisation des PCBi par l'indice de condition. ....	121
Figure 93 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour les PCB-DL dans les moules.....	122
Figure 94 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCB-DL dans les moules.....	124
Figure 95 : Normalisation des PCB-DL par l'indice de condition.....	125

---

## **LISTE DES TABLES**

---

*xi*

---

Tableau 1 : Présentation de l'équipe participant à la campagne de prélèvement de la campagne 2014. ....	5
Tableau 2 : Coordonnées géographiques des stations de prélèvements de sédiments en degrés décimaux (WGS84). ....	8
Tableau 3 : Détails des paramètres analysés accompagnés de la méthode et des seuils de quantifications du laboratoire de Rouen. ....	11
Tableau 4 : Classification d'Ibouilly (1981) traduisant le taux d'envasement des sédiments. ....	12
Tableau 5 : Classification des valeurs COT et d'azote total pour des sédiments marins selon Licari (1998). ....	13
Tableau 6: Niveaux de références relatifs aux éléments traces, HAP, PCB et organoétains d'après trois référentiels (GEODE, RLM et arrêté du 9 août 2006 version consolidée du 10 juillet 2014).....	15
Tableau 7 : Coordonnées géographiques des stations de prélèvements de moules en degrés décimaux (WGS84). ....	16
Tableau 8 : Détails des paramètres analysés accompagnés de la méthode et des seuils de quantifications du laboratoire de Rouen. ....	19
Tableau 9 : Valeurs de contaminants mesurés dans la chair des moules au niveau de l'Anse de Carreau 2 (en mg/kg sec). ....	20
Tableau 10 : Teneurs maximales des contaminants dans les denrées alimentaires. ....	20
Tableau 11 : Classification des sédiments d'après Ibouilly (1981). Fos-sur-Mer. 12 stations de sédiment. 2014.....	29
Tableau 12 : Classification de l'enrichissement des sédiments d'après Licari (1998). Fos-sur-Mer. 12 stations de sédiment. 2014. ....	33



**1. INTRODUCTION ET  
CONTEXTE INDUSTRIEL DE LA  
ZONE D'ETUDE**

---

Situé à Fos-sur-Mer au niveau de la Darse 2 du Grand Port Maritime de Marseille, EveRé est le premier centre de traitement multifilière des déchets ménagers construit et exploité en France. Il a démarré en janvier 2010 (début de la mise en service industrielle) et permet de traiter et valoriser l'ensemble des déchets ménagers résiduels de la Communauté urbaine de Marseille Provence Métropole (MPM) par différentes voies de valorisation (tri, valorisation organique par méthanisation et valorisation énergétique par combustion).

En tant qu'industriel du traitement et de la valorisation des déchets, la préservation de l'environnement est une priorité pour cette entreprise. Elle s'inscrit dans une logique globale de développement durable et responsable avec notamment la réalisation d'un état initial environnemental avant le fonctionnement du centre en 2005 et 2009, ainsi que la mise en place d'un programme d'autosurveillance du milieu marin à partir de 2010. La première année de suivi, ce programme comportait quatre campagnes de prélèvements par an et concernait quatre matrices (eau de mer, sédiments, moules et poissons). Ce programme a ensuite été allégé en 2011 en accord avec les services de l'état avec une seule campagne annuelle tout en conservant l'étude des quatre matrices. À la suite des résultats et du retour d'expérience acquis lors de ces deux campagnes (2010 et 2011), l'analyse des compartiments « eau de mer » et « poisson » ont été supprimé pour le suivi de 2012 toujours en accord avec les services de l'état.

Conformément à l'article 9.2.2.1 de l'arrêté préfectoral du 28 juin 2012, un « suivi des teneurs en dioxines et en métaux dans le milieu marin (sédiments, organismes vivants) autour du site, sur la base des points de prélèvements de l'état initial d'une part et, d'autre part, sur les données météorologiques locales » doit être effectué par la Société EveRé. Le suivi de 2014 porte donc uniquement sur des compartiments intégrateurs « sédiments » et « moules » (peuplements naturels de *Mytilus galloprovincialis*) pour lesquels les méthodes, procédures et techniques d'interprétation sont bien établies et seront respectées pour ce nouveau suivi 2014.

Il est à préciser qu'un incendie est survenu le 2 novembre 2013 sur le site d'EveRé et a eu pour conséquence l'arrêt des unités de Tri, UVO, MAT et BIO. Cet incident a impliqué la mise en place d'un suivi d'urgence du milieu marin sur les compartiments sédimentaires et biologiques.

Le programme d'autosurveillance du milieu marin pour la campagne de 2014 a pour objectif de définir et d'évaluer :

- La qualité des sédiments dans un secteur correspondant au champ proche du centre de traitement multifilière de déchets ménagers ;

- Les niveaux de concentration chimique du milieu marin grâce à l'analyse d'une matrice intégratrice : la chair des moules (*Mytilus galloprovincialis*).

Le Golfe de Fos-sur-Mer, qui s'enfonce entre l'étang de Berre et le delta du Rhône au Nord-Ouest de Marseille, comprend les principales installations portuaires du Grand Port Maritime de Marseille dont des terminaux à conteneurs, minéraliers, pétroliers et gaziers qui occupe la majeure partie du littoral du Golfe (Nord-Ouest) et est entouré par de nombreuses industries chimiques, pétrolières ou gazières mais également par des réserves naturelles et des zones humides dont le parc naturel régional de Camargue.

Le Golfe de Fos est une zone semi-fermée de 42 km<sup>2</sup> et d'une profondeur moyenne de -8 m, à l'exception du chenal d'accès aux darses 1 et 2 qui est dragué à -24m. L'amplitude des marées et des courants associés jouent un rôle extrêmement faible dans la circulation des eaux dans le Golfe, qui est principalement contrôlée par les vents. Le Mistral entraîne des upwellings côtiers qui ont pour conséquence un rapide refroidissement des eaux littorales. Les vents de secteur Sud-Est sont également à l'origine d'importants processus hydrodynamiques côtiers. Ils induisent des courants rapides, peuvent générer de fortes houles et jouent un rôle important dans le transport sédimentaire.

Il est à préciser que le terme « contaminant » selon la Convention internationale OSPAR correspond à « Toute substance décelée dans un lieu où elle ne se trouve pas normalement ».

A light gray world map is centered on the page. Two circular callouts are overlaid on the map: one over Europe and one over North America. The text '2. MODALITÉ DU SUIVI' and 'ANNUEL 2014' is centered over the map.

## **2. MODALITÉ DU SUIVI**

### **ANNUEL 2014**

---

## 2.1. CONTENU DU SUIVI 2014

---

Le suivi annuel 2014 est réalisé dans le cadre du programme d'autosurveillance du centre de traitement multifilière des déchets ménagers.

Ce suivi comprend une campagne estivale avec l'étude des sédiments marins au niveau de douze (12) stations et l'étude de moules sauvages au niveau de neuf (9) stations.

Les stations de prélèvement de sédiments et de collecte des moules couvrent l'anse de Carteau dont les tables mytilicoles, la Darse 1 et la Darse 2. De manière à pouvoir effectuer des comparaisons avec les données du suivi annuel, les stations d'échantillonnage seront identiques à celles des précédents suivis.

## 2.2. MOYENS HUMAIN ET NAUTIQUE

---

Pour mener à bien la mission de prélèvement de sédiments et de moules, trois (3) personnes ont été mobilisées sur site :

**Laura BARDET**

***Chef de projet - Ingénieure en Environnement Marin/plongeur professionnel CIB***

---

*Organisation de la campagne de terrain, prélèvements, conditionnement et envoi des échantillons de moules et de sédiments au laboratoire d'analyse.*

*Suivi de l'avancement du projet*

*Réalisation du post-traitement des analyses et de la rédaction du rapport*

**Philippe GASSIER**

***Responsable des opérations à la mer – Marin professionnel/plongeur professionnel CIIA***

---

*Capitaine du bateau pendant la campagne de collecte des moules et de prélèvement de sédiments*

**Jérôme LAMY**

***Marin professionnel /plongeur professionnel CIB***

---

*Participation à la campagne de collecte des moules et de prélèvement de sédiments*

*Tableau 1 : Présentation de l'équipe participant à la campagne de prélèvement de la campagne 2014.*

Pour le bon déroulement de la mission et la sécurité des opérateurs, l'intervention sur site a nécessité la mise à disposition d'une barge aluminium « GGXIII ». Ce navire a permis de respecter la réglementation en vigueur et d'assurer la sécurité de l'équipe embarquée.



Figure 1 : Bateau de travail GGXIII.

### 2.3. CONDITIONS D'INTERVENTION

Afin de conserver une cohérence avec les campagnes précédentes et les résultats obtenus, iXSurvey tenait fortement à effectuer l'ensemble des prélèvements durant la période estivale. Toutefois, au regard des mauvaises conditions météorologiques en août 2014 avec une mer fortement agitée et des vents bien établis, la mission a dû être reportée au début du mois septembre 2014, période néanmoins similaire avec celles des années précédentes.

Deux jours de terrain ont été nécessaires pour effectuer l'ensemble des prélèvements :

- Le lundi 8 septembre 2014 a permis de collecter les moules au niveau de neuf (9) stations. Le temps était clément avec une mer clame et un vent moyen de 19 km/h de direction Sud-Est.
- Le mardi 9 septembre 2014 a permis de prélever les sédiments marins au niveau de douze (12) stations. Les conditions météorologiques pour cette journée étaient également idéales avec une mer très calme et un vent moyen de 8 km/h de direction Ouest-Sud/Ouest.

Il est important de noter que le prélèvement, le conditionnement et l'acheminement des échantillons respectent scrupuleusement la méthodologie employée dans les suivis précédents.



## 3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

---

## 3.1. PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES DES SÉDIMENTS

### 3.1.1. PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Les prélèvements de sédiments ont été réalisés au niveau de douze (12) stations réparties entre la Darse 1, la Darse 2 et l'anse de Carreau. Les coordonnées géographiques des stations de prélèvements sont identiques à celles utilisées par CREOCEAN (CREOCEAN, Mars 2014) et le Cabinet Ramade Gérin depuis le début du suivi environnemental (Cabinet Ramade Gérin, Mai 2011 ; Cabinet Ramade Gérin, Mai 2013 et Cabinet Ramade Gérin, Juin 2013). Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
ES1	43.4347667°	4.8636°
ES2	43.41305°	4.87711667°
ES3	43.405104°	4.868285°
ES4	43.406017°	4.863183°
ES5	43.4131667	4.85021667°
ES6	43.4189667°	4.84091667°
ES7	43.38955°	4.85895°
ES8	43.3780167°	4.851083333°
ES9	43.37675°	4.88461667°
ES10	43.395024°	4.854146°
ES11	43.3768667°	4.89441667°
ES12	43.3869833°	4.90318333°

Tableau 2 : Coordonnées géographiques des stations de prélèvements de sédiments en degrés décimaux (WGS84).

La figure suivante présente la localisation précise des stations de prélèvements de sédiment.



Figure 2 : Carte de localisation des stations de prélèvement de sédiment.

### 3.1.2. PRELEVEMENTS DES SEDIMENTS

Les prélèvements de sédiment superficiels ont été réalisés à l'aide d'une benne Van Veen d'une surface d'échantillonnage de 0.1 m<sup>2</sup>. Pour une meilleure représentativité de la zone, trois (3) échantillons de sédiments, appelés répliqués, ont été prélevés au niveau de chaque station. La surface totale échantillonnée est de 0.3 m<sup>2</sup> par station. Ce dispositif a permis d'échantillonner le sédiment meuble sur une profondeur d'environ 20 cm.

Chaque échantillon de sédiment a été soumis à des critères d'acceptabilité, présentés ci-après.



Figure 3 : Benne Van Veen (0.1 m<sup>2</sup>) fermée.

Au niveau de chaque station, un échantillon moyen a été constitué à partir du mélange aliquote de chacun des trois (3) répliqués prélevés autour du point considéré. Chaque échantillon moyen de sédiment a été destiné aux analyses physico-chimiques.

### 3.1.3. DESCRIPTIONS ET CONDITIONS D'ACCEPTABILITE DES ECHANTILLONS DE SEDIMENT

Dans un premier temps, chaque prélèvement à la benne a été soumis à des critères d'acceptabilité. À titre d'exemple, la figure ci-contre présente certaines causes de rejet d'un échantillon. Un échantillon peut être rejeté si la benne n'est pas complètement fermée, si elle n'a pas montré une pénétration suffisante ou si l'échantillon a été lessivé. Si un échantillon est rejeté parce qu'il ne rencontre pas les objectifs de qualité, un nouvel échantillon est recueilli. Les éventuels problèmes rencontrés sont décrits dans le carnet de terrain.

Une fiche synthétique de terrain a été remplie pour chaque échantillon. Ainsi les prélèvements ont été répertoriés, et décrits de manière systématique. Les fiches de terrain spécifiques aux prélèvements de sédiments sont présentées en annexe 1.

Dans un deuxième temps, les observations visuelles ont permis d'évaluer la granulométrie de l'échantillon à l'aide du comparateur de granulométrie présenté ci-après.

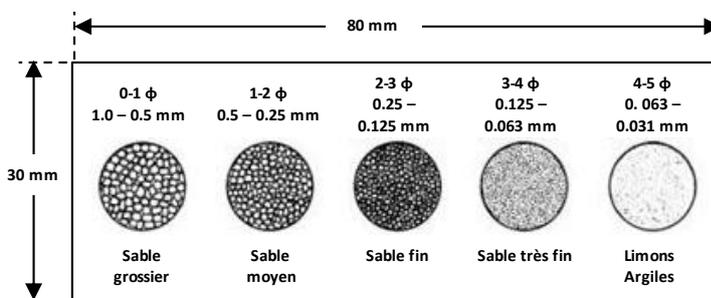
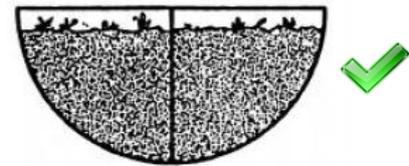
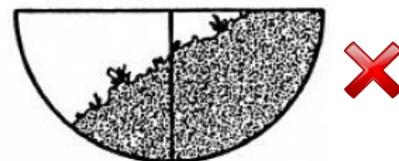


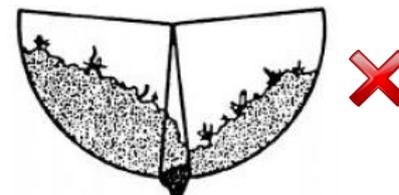
Figure 5 : Comparateur de granulométrie (Blatt, 1982).



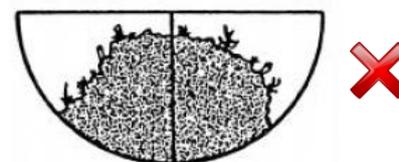
**Acceptable si :**  
 1. Pénétration minimum requise est atteinte  
 2. Présence d'eau sus-jacente



**Inacceptable :**  
 → Échantillon partiel et incliné



**Inacceptable :**  
 → Lessivage dû à la présence de roches et débris obstruant les mâchoires



**Inacceptable :**  
 → Lessivage

Figure 4 : Conditions d'acceptabilité d'un échantillon de sédiments prélevé par benne (Tetra Tech, 1987, Recommended protocols for sampling and analyzing subtidal benthic macroinvertebrate assemblages in Puget Sound).

### 3.1.4. CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS DE SEDIMENTS

11

Chaque échantillon moyen destiné à des analyses physico-chimiques a été conditionné dans des flacons en verre de 1 L et en plastique de 500 mL fournis par le laboratoire d'analyse, étiqueté et conservé dans des glacières fraîches.

De retour à quai, les échantillons ont été expédiés en express sous 24 heures au laboratoire d'analyses.

### 3.1.5. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES SEDIMENTS

Afin de conserver une homogénéité dans les résultats d'analyses, le laboratoire de Rouen, ayant effectué les analyses des précédents suivis, a été en charge de réaliser les analyses physico-chimiques des échantillons de sédiment pour le suivi de 2014.

**LABORATOIRE DE ROUEN**  
**49, Rue Mustel**  
**76022 ROUEN**

Les analyses physico-chimiques (méthodes et limites de quantification) réalisées par ce laboratoire sont présentées dans le tableau ci-après.

Paramètres	Méthodes	Seuils de quantification	
Dioxines, furanes et PCB type dioxines	GC/HRMS		
* Carbone organique	NF ISO 14235	0.10	% m/m
* Matières sèches	NF ISO 11465	0.01	% m/m
Fraction inférieure à 2 mm	Tamissage	0.1	%
* Granulométrie laser	NF ISO 13320-1		/
* Mercure	NF EN ISO 17852	0.02	mg/kg
* Aluminium	NF EN ISO 11885	0.005	% / sec
* Arsenic	NF EN ISO 11885	2	mg/kg/sec
* Cadmium	NF EN ISO 11885	1	mg/kg
* Chrome	NF EN ISO 11885	2	mg/kg
* Cuivre	NF EN ISO 11885	3	mg/kg
* Nickel	NF EN ISO 11885	2	mg/kg/sec
* Plomb	NF EN ISO 11885	1	mg/kg
* Zinc	NF EN ISO 11885	5	mg/kg
* PCB 28	XP X 33-012	1.0	µg/kg/sec
* PCB 52	XP X 33-012	1.0	µg/kg/sec
* PCB 101	XP X 33-012	1.0	µg/kg/sec
* PCB 118	XP X 33-012	1.0	µg/kg/sec
* PCB 153	XP X 33-012	1.0	µg/kg/sec
* PCB 138	XP X 33-012	1.0	µg/kg/sec
* PCB 180	XP X 33-012	1.0	µg/kg/sec

*Tableau 3 : Détails des paramètres analysés accompagnés de la méthode et des seuils de quantifications du laboratoire de Rouen.*

Ce laboratoire possède l'Accréditation COFRAC n°1-1351. Il est également agréé par le Ministère de l'Environnement, conformément à l'arrêté du 12/11/1998 exigé pour le traitement de sédiments et des eaux. Les résultats bruts d'analyse seront transmis en fichier joint à ce rapport.

### 3.1.6. METHODOLOGIE DE L'INTERPRETATION

#### 3.1.6.1. Caractéristiques texturales des sédiments

##### 3.1.6.1.1. La granulométrie

La granulométrie permet d'expliquer la variabilité naturelle des éléments traces dans les sédiments. En effet, plus le pourcentage de la fraction fine ( $< 63 \mu\text{m}$ ) est important, plus la capacité du sédiment à absorber les contaminants est forte.

Dans un premier temps, l'évaluation du taux d'envasement des sédiments a été réalisée à partir de la classification proposée par Ibouilly en 1981, basée sur le pourcentage de particules fines  $< 63 \mu\text{m}$  (Tableau 4).

TAUX DE FRACTION FINE	TAUX D'ENVASEMENT DES SEDIMENTS
Fraction fine $< 10 \%$	Sables purs
$10 \%$ $<$ Fraction fine $< 20 \%$	Sables peu envasés
$20 \%$ $<$ Fraction fine $< 40 \%$	Sables moyennement envasés
$40 \%$ $<$ Fraction fine $< 60 \%$	Sédiments très envasés à dominante de sables
$60 \%$ $<$ Fraction fine $< 80 \%$	Sédiments très envasés à dominante de vases
Fraction fine $> 80 \%$	Vases pures

Tableau 4 : Classification d'Ibouilly (1981) traduisant le taux d'envasement des sédiments.

À partir des données de granulométrie, l'analyse des différents descripteurs texturaux (moyenne, mode, médiane, dissymétrie et acuités) a permis d'étudier les différences entre les stations à l'aide de la classification granulométrique modifiée de Wentworth (Figure 6).

Millimeters (mm)	Micrometers (µm)	Phi (φ)	Wentworth size class	Rock type
4096		-12.0	Boulder	Conglomerate/ breccia
256		-8.0	Cobble	
64		-6.0	Pebble	
4		-2.0	Granule	
2.00		-1.0	Very coarse sand	Sandstone
1.00		0.0	Coarse sand	
1/2	0.50	1.0	Medium sand	
1/4	0.25	2.0	Fine sand	
1/8	0.125	3.0	Very fine sand	
1/16	0.0625	4.0	Coarse silt	Siltstone
1/32	0.031	5.0	Medium silt	
1/64	0.0156	6.0	Fine silt	
1/128	0.0078	7.0	Very fine silt	
1/256	0.0039	8.0	Clay	Claystone
0.00006	0.06	14.0		

Figure 6 : Classification granulométrique de Wentworth.

### 3.1.6.2. Caractéristiques chimiques des sédiments

#### 3.1.6.2.1. Enrichissement en carbone organique total et nutriments

Les seuils d'enrichissement en carbone organique total (COT), en azote total et en phosphore total pour les milieux lagunaires ou milieux côtiers, sont fixés par la classification de Licari (1998) (Tableau 5).

COT (% POIDS SEC)	AZOTE TOTAL (% POIDS SEC)	ENRICHISSEMENT
< 0.44 %	< 0.04 %	Valeur faible
0.44 - 0.75 %	0.04 - 0.09 %	Valeur moyenne
0.75 - 1.52 %	0.09 - 0.18 %	Valeur forte
> 1.52 %	> 0.18 %	Valeur très forte

Tableau 5 : Classification des valeurs COT et d'azote total pour des sédiments marins selon Licari (1998).

#### 3.1.6.2.2. Contaminants métalliques et organiques

Concernant les contaminants métalliques et organiques, les valeurs observées sont comparées, à titre indicatif à différents niveaux de références et valeurs seuils :

- Le Groupe d'Études et d'Observations sur les Dragages et l'Environnement (GEODE) a établi des valeurs de référence fournies au niveau national afin de servir de base à l'élaboration de la circulaire du 14 juin 2000 relative aux conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire. GEODE a défini un bruit de fond concernant les métaux établis à partir de mesures réalisées sur l'ensemble des ports français.
- Dans le cadre du Réseau Littoral Méditerranéen (RLM), trois états descriptifs de la qualité chimique des sédiments sont définis tels que :

**État 1 :** Il caractérise les niveaux inférieurs ou égaux au bruit de fond de la concentration chimique établi pour chaque contaminant à l'échelle de la Méditerranée française. Le bruit de fond correspond à la valeur limite au-dessus de laquelle une contamination peut être suspectée dans un sédiment fin. Pour les sédiments correspondant à cet état, le RLM ne recommande aucune mesure particulière autre que la surveillance régulière du site.

**État 2 :** Il caractérise des niveaux correspondants à des valeurs supérieures au bruit de fond de la concentration chimique et inférieures ou égales au seuil de contamination avérée. Pour les sédiments correspondant à cet état, le RLM recommande une expertise complémentaire, pouvant aller à une analyse des risques environnementaux.

**État 3 :** Il caractérise les niveaux supérieurs au seuil d'une contamination avérée pour lesquelles le RLM recommande de mettre en œuvre : une analyse approfondie des risques environnementaux, y compris une identification et une quantification des apports, et la définition de mesures propres à remédier à l'état de qualité dégradée.

- Les concentrations réglementaires en composées traces dans les sédiments marins ou estuariens sont définies dans l'article 1<sup>er</sup> de l'Arrêté du 9 août 2006 (version consolidée le 10 juillet 2014). Ces concentrations appelées « seuils de qualité » N1 (entraînant en cas de valeur supérieure au seuil des études complémentaires) et N2 (entraînant en cas de valeur supérieure au seuil des études obligatoires de l'impact sur le site récepteur) concernent les métaux lourds et les contaminants organiques.

Le tableau suivant présente l'ensemble des seuils de références applicables aux sédiments marins naturels.

PARAMETRES ETUDIES	GEODE	RLM	RLM	RLM	ARRETE 2006 (REVISION 2014)	ARRETE 2006 (REVISION 2014)
	Bruit de fond (mg/kg ps)	État 1 (mg/kg ps)	État 2 (mg/kg ps)	État 3 (mg/kg ps)	N1 (mg/kg ps)	N2 (mg/kg ps)
Éléments traces						
Arsenic	4.4				25	50
Cadmium	0.5	0.15	0.60	>0.60	1.2	2.4
Chrome	45				90	180
Cuivre	35	15	60	>60	45	90
Mercure	0.2	0.05	0.4	>0.4	0.4	0.8
Nickel	20				37	74
Plomb	47	25	50	>50	100	200
Zinc	115	90	200	>200	276	552
PCB						
PCB 028					0.005	0.010
PCB 052					0.005	0.010

PARAMETRES ETUDIES	GEODE	RLM	RLM	RLM	ARRETE 2006 (REVISION 2014)	ARRETE 2006 (REVISION 2014)
PCB 101					0.010	0.020
PCB 118					0.010	0.020
PCB 138		0.005	0.04	>0.04	0.020	0.040
PCB 153		0.002	0.05	>0.05	0.020	0.040
PCB 180					0.010	0.020

Tableau 6: Niveaux de références relatifs aux éléments traces, HAP, PCB et organoétains d'après trois référentiels (GEODE, RLM et arrêté du 9 août 2006 version consolidée du 10 juillet 2014).

Un code couleur a été défini afin de faciliter l'interprétation des données représentées sous SIG à savoir :

- Vert : valeur inférieure au seuil de détection ;
- Bleu : valeur inférieure ou égale à l'état 1 « bruit de fond » ;
- Jaune : valeur supérieure à l'état 1 et inférieure ou égale à l'état 2 ;
- Orange : valeur supérieure à l'état 2 et inférieure ou égale à l'état 3 ;
- Rouge : valeur supérieure à l'état 3.

Les niveaux de référence présentés dans l'arrêté du 9 août 2006 ayant été actualisés par la circulaire du 10 juillet 2014 seront utilisés de façon préférentielle dans l'interprétation des résultats.

## 3.2. SUIVI DE LA QUALITÉ DU BIOTE

### 3.2.1. PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

La moule de Méditerranée *Mytilus galloprovincialis* est un organisme filtreur qui permet d'étudier les niveaux de contamination chimique du milieu marin grâce aux phénomènes de bioaccumulation dans la chair. Cette espèce correspond à un modèle biologique utilisé, en raison de sa sédentarité, de son fort pouvoir de concentration, des facilités d'approvisionnement, de sa robustesse et de la bonne connaissance de cette espèce.

Les prélèvements de moules indigènes sauvages ont été réalisés au niveau de neuf (9) stations réparties entre la Darse 1, la Darse 2 et l'anse de Carreau. Les coordonnées géographiques des stations de prélèvements sont identiques à celles utilisées par CREOCEAN et le Cabinet Ramade Gérin depuis le début du suivi environnemental. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

STATION	LATITUDE	LONGITUDE
M01	43.434533°	4.862667°
M02	43.412750°	4.875950°
M03	43.405817°	4.867583°
M04	43.406483°	4.863733°
M05	43.414317°	4.851471°
M06	43.419150°	4.843967°
M07	43.389150°	4.859000°
M08	43.377933°	4.850533°
M09	43.376717°	4.884233°

Tableau 7 : Coordonnées géographiques des stations de prélèvements de moules en degrés décimaux (WGS84).

La figure suivante présente la localisation précise des stations de prélèvements de moules sauvages.



Figure 7 : Carte de localisation des stations de prélèvement de moules sauvages.

### 3.2.2. COLLECTE DES MOULES SAUVAGES ET CONDITIONNEMENT

La collecte des échantillons de moules indigènes sauvages s'est déroulée en suivant la méthodologie employée lors des précédents suivis. Selon la localisation de la station et par conséquent l'accessibilité aux populations de moules, les prélèvements ont été réalisés de trois manières :

- À pied principalement au niveau des plages (M01, M04, M05, M06 et M08) ;
- En palme masque tuba au niveau des enrochements et des quais (M02, M03 et M07) ;
- En plongée sous-marine au niveau des tables mytilicoles (M09).

Un total de 75 individus a été prélevé sur chacune des stations afin d'obtenir des résultats représentatifs du milieu où elles ont été collectées et de garantir l'analyse de l'ensemble des paramètres souhaités. Sur ces 75 individus, 15 ont été destinés aux mesures biométriques et au calcul de l'indice de condition et les 60 derniers aux analyses chimiques.

Les moules ont été collectées à l'aide d'un couteau ou uniquement à la main sur un linéaire maximal de 5 m de part et d'autre du point GPS d'une station donnée au même niveau bathymétrique en zone intertidale. Les coquillages ont été placés dans des filets à poissons au moment de la collecte. Ils ont ensuite été rincés extérieurement à l'eau de mer sur les lieux du prélèvement, puis stockés dans des boîtes en plastique hermétiques contenant de l'eau de mer prise à l'endroit du prélèvement. Ces boîtes numérotées ont ensuite été conservées dans des glacières fraîches avant le retour au laboratoire de la Société iXSurvey pour commencer l'épuration.

En vue de l'épuration, un volume de 10 L d'eau de mer a été prélevé au niveau de chacune des stations.

### **3.2.3. DESCRIPTION ET CONDITIONS D'ACCEPTABILITE DES PRELEVEMENTS**

Pour chacune des stations, les individus prélevés constituent un lot homogène en taille et reproductible d'un prélèvement à l'autre. Une attention particulière a été portée sur le respect de la taille des moules, qui doit être comprise entre 35 et 65 mm et l'importance de la conservation du byssus.

De plus, les prélèvements ont été effectués en dehors de la période de reproduction des moules.

D'autre part, le délai entre le prélèvement et l'épuration a été réduit au maximum suite au commencement de l'épuration dès le retour au laboratoire de la Société iXSurvey.

### **3.2.4. ÉPURATION DES ORGANISMES**

Afin d'éliminer les fèces et pseudo-fèces, les coquillages vivants ont été épurés le plus rapidement possible après le prélèvement. Pour cela, ils ont été placés pendant environ 24 heures dans de l'eau de mer provenant de la région de prélèvement. Cette opération a été réalisée dans des auges dédiées à cet usage, en plastique inerte et non coloré. La couche d'eau recouvrant les coquillages était comprise entre 5 et 10 cm. Les individus ont été isolés du fond des auges par une grille en plastique.

Aucun système de bullage pouvant introduire l'ajout d'éléments dans l'eau n'a été employé.

### **3.2.5. CONDITIONNEMENT ET TRANSPORT DES ECHANTILLONS**

Après la phase d'épuration, les moules ont été remises dans des boîtes hermétiques en plastique avec l'eau de mer qui lui est propre. Une attention particulière a été portée sur le suivi des échantillons qui ne devaient en aucun être mélangés entre les différentes stations.

Les échantillons ont ensuite soigneusement été stockés dans des glacières fraîches puis expédiés en express sous 24 heures au laboratoire d'analyses.

### 3.2.6. ANALYSES CHIMIQUE ET BIOMETRIQUE

Le laboratoire de Rouen a été également en charge de réaliser les analyses chimiques et biométriques des échantillons de moules. Les résultats bruts d'analyse seront transmis en fichier joint à ce rapport.

Le tableau suivant présente l'ensemble des analyses qui ont été effectuées sur la matière vivante :

Paramètres	Méthodes	Seuils de quantification	
Indice de conditionnement	Méth. interne	/	
Matières sèches	NF ISO 11465	0.01	% m/m
Aluminium	ICP	1	mg/kg/sec
Arsenic	Hydruure-Fluo.Atomiq.	0.1	mg/kg
Cadmium	GFAAS	0.05	mg/kg
Chrome	GFAAS	0.1	mg/kg
Cuivre	ICP	0.1	mg/kg
Mercuré	Vapeurs froides-fluo.atomique	0.01	mg/kg
Nickel	GFAAS	0.1	mg/kg
Plomb	GFAAS	0.1	mg/kg
Zinc	ICP	0.5	mg/kg
Dioxines, furanes, PCB type dioxines et PCB indicateurs	GC/HRMS	/	
nombre de coquille vide	Méth. interne	/	
longueur moyenne des individus (sur 15 individus)	Méth. interne		mm
poids sec moyen des coquilles	Méth. interne		g
poids sec moyen de chair par individu	Méth. interne		g

Tableau 8 : Détails des paramètres analysés accompagnés de la méthode et des seuils de quantifications du laboratoire de Rouen.

### 3.2.7. METHODOLOGIE DE L'INTERPRETATION

Le Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du milieu marin (ROCCH) est le principal outil de connaissance des niveaux de contamination chimique de notre littoral. Il a remplacé en 2008 l'ancien Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO).

L'objectif principal de ce réseau est d'évaluer les niveaux et les tendances de la contamination chimique du littoral et des paramètres généraux de la qualité du milieu. Il repose sur la réalisation de prélèvements et d'analyses dans l'eau (paramètres hydrologiques et sels nutritifs), les sédiments et la matière vivante (éléments chimiques). Ce réseau effectue donc une surveillance des contaminants, notamment dans la matière vivante et plus précisément dans les moules qui sont utilisées comme un indicateur quantitatif de contamination.

Le tableau suivant présente les médianes des concentrations issues des données de 2003 à 2007 au niveau de la station Anse de Carteau 2, qui se situe à environ 800 m au Sud-Ouest de la station M09. Ces données sont en accès libre sur le site internet de l'Ifremer (<http://envlit.ifremer.fr/>).

PARAMETRE (MG/KG SEC)	ANSE DE CARTEAU 2
<b>Cadmium</b>	0.48
<b>Chrome</b>	0.96
<b>Cuivre</b>	6.4
<b>Mercure</b>	0.1
<b>Nickel</b>	1.05
<b>Plomb</b>	1.7
<b>Zinc</b>	139

Tableau 9 : Valeurs de contaminants mesurés dans la chair des moules au niveau de l'Anse de Carteau 2 (en mg/kg sec).

Depuis sa restructuration en 2008, la surveillance des contaminants dans le cadre du ROCCH est coordonnée et réalisée par l'Ifremer et ne concerne plus que trois métaux réglementés (cadmium, mercure et plomb).

Le tableau suivant présente les seuils réglementaires européens n°466/2001 et N°221/2002 fixant les teneurs maximales en contaminants dans les denrées alimentaires.

PARAMETRE (MG/KG)	SEUILS REGLEMENTAIRES : TENEURS EN MG/KG DE POIDS HUMIDE P.H.)	ÉQUIVALENT EN MG/KG DE POIDS SEC (P.S.)
<b>Cadmium</b>	1	5
<b>Mercure</b>	0.5	2.5
<b>Plomb</b>	1.5	7.5

Tableau 10 : Teneurs maximales des contaminants dans les denrées alimentaires.

### 3.3. MÉTHODES D'ANALYSE

#### 3.3.1. ANALYSE DES DONNEES INFÉRIEURES A LA LIMITE DE QUANTIFICATION

La précision de la détermination des teneurs des différents paramètres étudiés, aussi bien pour les sédiments marins que pour les moules, est définie par la limite de quantification (LQ) que le laboratoire fixe en fonction de ces possibilités d'analyse. Cette limite correspond à la plus faible concentration d'un produit à analyser dans un échantillon qui puisse être quantifiée avec une précision et une exactitude acceptables dans des conditions expérimentales préalablement définies.

Afin de prendre en compte les teneurs inférieures à cette valeur et en vue de conserver un historique des données comparable, la méthode de la LQ/2 (identique à celle des suivis précédents) a été employée.

### 3.3.2. NORMALISATION DES DONNEES BRUTES

Afin de réduire la variabilité des teneurs en contaminants due aux différences que présentent les échantillons, principalement en termes d'aspect physiologique et de croissance pour la matière vivante et de composition sédimentaire pour les sédiments marins, une normalisation des paramètres a été effectuée.

#### 3.3.2.1. Normalisation des sédiments marins

Pour chacun des paramètres étudiés, une normalisation des teneurs a été effectuée avec la fraction fine et l'aluminium.

En effet, la fraction fine (classe des sédiments de diamètre <63 µm) renseigne sur la capacité de la matrice sédimentaire à fixer des éléments hydrophobes, soit la quasi-totalité des contaminants analysés dans le cadre de ce suivi. Elle constitue donc un bon paramètre de normalisation des résultats bruts.

L'aluminium est également un paramètre de normalisation utilisé dans ce suivi, car comme la fraction fine, il permet au mieux de décrire la capacité d'adsorption des contaminants dans les sédiments.

#### 3.3.2.1. Normalisation de la matière vivante

Le Réseau Intégrateur BIOlogique (RINBIO) a effectué des travaux de recherche démontrant que les paramètres physiologiques de la moule (période de reproduction, cycle de croissance, conditions trophiques, etc.), et notamment la croissance des individus, ont une influence sur la concentration tissulaire de certains contaminants. Afin de comparer les moules prélevées dans des sites différents, un indice a été proposé par l'Ifremer (RINBIO 2009), constituant ainsi un bon indicateur de l'état physiologique et de la croissance des moules.

L'indice de condition (IC) est calculé ainsi :

$$IC = \frac{\text{Poids sec de chair}}{\text{Poids sec de coquille}}$$



The background features a light gray world map with numerous small black dots representing sampling locations. Two circular callouts are present: one over Europe and one over the Mediterranean region. A horizontal line is drawn across the map, passing through the center of the Mediterranean callout.

## 4. ÉTUDE DE LA QUALITÉ DES SÉDIMENTS

---

## 4.1. RÉSULTATS BRUTS

23

Le tableau suivant présente l'ensemble des données brutes obtenues suite à l'analyse en laboratoire des sédiments acquises depuis le premier suivi en 2005 jusqu'à celui de 2014.

		ES1										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m	4,20	3,80	3,33	2,95	3,31	3,41	2,58	3,26	2,59	2,47	2,24
Aluminium	g/kg	41,02	7,70	49,80	48,90	48,20	47,70	46,80	47,50	43,50	42,80	44,40
Arsenic	mg/kg	12,54	11,00	11,20	11,30	10,90	11,20	6,90	11,80	12,00	12,00	10,00
Cadmium	mg/kg	0,13	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	<1
Chrome	mg/kg	76,00	43,00	79,00	81,00	77,00	76,00	66,00	73,00	72,00	73,00	68,00
Cuivre	mg/kg	19,59	56,00	28,00	30,00	28,00	26,00	27,00	23,00	23,00	20,00	22,00
Mercure	mg/kg	0,19	0,20	0,17	0,14	0,15	0,15	0,11	0,13	0,11	0,13	0,12
Nickel	mg/kg	31,90	25,00	35,00	37,00	36,00	37,00	34,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Plomb	mg/kg	33,75	43,00	46,00	36,00	33,00	32,00	28,00	30,00	27,00	29,00	28,00
Zinc	mg/kg	82,86	97,00	111,00	118,00	107,00	106,00	89,00	97,00	88,00	105,00	93,00
PCB ttx	µg/kg								21,20	13,66	9,00	6,90
PCDD'F	pg/g	1901,26	1273,94	1940,65	2056,64	3048,30	2941,58	1629,35	1468,64	1186,70	1707,00	11,99
PCB-DL	pg/g	4165,55	2818,20	3000,37	3077,73	4717,90	3240,50	2432,73	2717,18	2182,35	2250,00	2001,10

		ES2										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m	3,30	1,20	3,21	2,72	2,89	2,83	2,95	3,18	2,46	5,30	2,75
Aluminium	g/kg	42,58	15,00	56,50	56,90	54,20	52,50	54,10	54,10	49,20	51,90	50,70
Arsenic	mg/kg	12,58	12,00	13,80	12,80	15,90	14,70	7,40	12,70	14,00	14,00	17,00
Cadmium	mg/kg	0,10	0,25	0,20	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,20	<0,1	<1
Chrome	mg/kg	74,08	62,00	90,00	89,00	82,00	78,00	82,00	83,00	74,00	96,00	79,00
Cuivre	mg/kg	18,75	33,00	29,00	33,00	27,00	26,00	27,00	23,00	26,00	14,00	24,00
Mercure	mg/kg	0,22	0,10	0,19	0,15	0,17	0,17	0,17	0,15	0,17	0,09	0,17
Nickel	mg/kg	30,27	20,00	33,00	34,00	34,00	34,00	32,00	32,00	33,00	27,00	33,00
Plomb	mg/kg	30,67	32,00	45,00	32,00	30,00	30,00	32,00	29,00	34,00	19,00	30,00
Zinc	mg/kg	70,91	69,00	104,00	106,00	97,00	97,00	97,00	91,00	95,00	67,00	94,00
PCB ttx	µg/kg								23,41	4,88	14,00	9,20
PCDD'F	pg/g	2895,51	1325,40	1710,25	1615,84	1996,12	2044,80	1679,67	1224,77	1595,70	857,00	380,74
PCB-DL	pg/g	4296,78	1894,67	3240,66	2709,30	4085,53	3681,90	3141,35	2530,56	3060,86	1983,00	2299,30

		ES3										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m	3,80	0,46	0,52	0,32	0,67	0,34	0,44	0,81	0,27	1,31	1,50
Aluminium	g/kg	43,31	7,90	42,20	38,00	40,10	39,30	37,30	39,00	34,90	42,10	47,90
Arsenic	mg/kg	12,77	12,00	11,00	11,10	10,10	9,90	6,10	11,30	11,00	14,00	17,00
Cadmium	mg/kg	0,07	0,25	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,10	<0,1	<0,1	<1
Chrome	mg/kg	75,99	24,00	42,00	42,00	45,00	40,00	42,00	48,00	37,00	52,00	56,00
Cuivre	mg/kg	13,31	16,00	10,00	12,00	11,00	7,00	10,00	15,00	6,00	14,00	21,00
Mercure	mg/kg	0,11	0,05	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01	0,04	<0,02	0,10	0,11
Nickel	mg/kg	29,00	22,00	21,00	19,00	22,00	18,00	19,00	21,00	17,00	25,00	30,00
Plomb	mg/kg	25,41	19,00	28,00	15,00	18,00	13,00	16,00	18,00	15,00	20,00	26,00
Zinc	mg/kg	61,89	58,00	57,00	51,00	58,00	46,00	51,00	55,00	44,00	65,00	83,00
PCB ttx	µg/kg								4,88	4,88	7,00	5,80
PCDD'F	pg/g	1445,55	443,63	177,19	66,93	252,19	52,84	109,48	353,89	88,62	531,00	907,66
PCB-DL	pg/g	2828,40	806,00	422,00	1843,90	1566,13	386,04	325,70	655,41	1667,78	1094,00	1414,70

		ES4										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m	1,00	1,90	1,21	1,14	1,03	1,13	1,26	1,32	1,57	0,91	1,61
Aluminium	g/kg	45,97	6,30	50,20	44,90	52,20	47,10	52,60	47,90	43,50	49,00	47,00
Arsenic	mg/kg	13,43	15,00	15,20	14,00	13,20	13,70	7,90	15,40	17,00	13,00	14,00
Cadmium	mg/kg	0,10	0,25	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	<0,1	0,10	<1
Chrome	mg/kg	61,56	22,00	60,00	58,00	65,00	57,00	65,00	64,00	60,00	58,00	54,00
Cuivre	mg/kg	15,40	14,00	21,00	23,00	24,00	18,00	24,00	27,00	19,00	17,00	18,00
Mercure	mg/kg	0,08	0,05	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,09	0,11	0,04	0,09
Nickel	mg/kg	28,22	21,00	30,00	27,00	33,00	29,00	32,00	29,00	28,00	31,00	30,00
Plomb	mg/kg	24,46	17,00	34,00	22,00	25,00	21,00	26,00	24,00	26,00	22,00	23,00
Zinc	mg/kg	58,27	55,00	78,00	75,00	78,00	73,00	82,00	79,00	77,00	71,00	81,00
PCB ttx	µg/kg								6,59	9,76	7,00	5,80
PCDD'F	pg/g	393,82	822,45	765,29	683,70	242,81	537,75	1277,97	707,91	1740,13	461,00	762,32
PCB-DL	pg/g	877,77	525,20	1012,05	2782,93	2114,26	1608,96	770,86	1202,87	1676,19	337,00	1081,20

		ES5										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m	1,00	2,60	0,90	0,78	0,96	0,85	1,05	0,88	0,89	0,90	1,03
Aluminium	g/kg	42,82	7,90	42,80	46,10	46,60	43,30	45,40	43,20	41,90	46,20	44,40
Arsenic	mg/kg	12,92	16,00	10,00	13,70	13,60	11,70	6,60	13,20	13,00	12,00	14,00
Cadmium	mg/kg	0,06	0,25	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,20	<0,1	<0,1	<1
Chrome	mg/kg	56,30	34,00	35,00	56,00	55,00	55,00	55,00	53,00	55,00	54,00	48,00
Cuivre	mg/kg	13,20	26,00	14,00	20,00	18,00	15,00	19,00	20,00	16,00	18,00	17,00
Mercure	mg/kg	0,06	0,05	0,01	0,04	0,05	0,03	0,04	0,10	0,06	0,05	0,06
Nickel	mg/kg	25,87	35,00	26,00	29,00	28,00	29,00	27,00	25,00	26,00	28,00	26,00
Plomb	mg/kg	20,56	17,00	25,00	16,00	18,00	14,00	19,00	17,00	20,00	18,00	20,00
Zinc	mg/kg	54,66	52,00	58,00	65,00	68,00	61,00	67,00	62,00	65,00	73,00	71,00
PCB ttx	µg/kg								4,88	4,88	7,00	4,88
PCDD'F	pg/g	432,16	122,72	113,93	85,97	272,83	78,20	280,91	234,37	512,79	391,00	500,33
PCB-DL	pg/g	1117,18	317,80	218,00	2023,36	1448,52	506,81	662,12	455,41	803,90	760,00	692,50

		ES6										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m	1,10	1,90	0,52	0,68	0,93	0,89	0,93	1,00	1,03	1,05	0,98
Aluminium	g/kg	46,16	8,60	38,80	47,90	44,10	47,60	46,00	45,80	42,80	46,10	45,60
Arsenic	mg/kg	13,92	14,00	8,60	11,40	11,50	12,20	6,00	14,50	15,00	17,00	15,00
Cadmium	mg/kg	0,08	0,25	0,10	0,40	0,10	0,10	0,10	0,10	<0,1	<0,1	<1
Chrome	mg/kg	65,69	24,00	35,00	60,00	58,00	58,00	55,00	59,00	55,00	59,00	51,00
Cuivre	mg/kg	16,11	19,00	12,00	21,00	18,00	17,00	18,00	22,00	18,00	20,00	17,00
Mercure	mg/kg	0,12	0,05	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07
Nickel	mg/kg	28,62	29,00	24,00	31,00	29,00	29,00	28,00	28,00	27,00	30,00	28,00
Plomb	mg/kg	27,66	19,00	26,00	18,00	17,00	17,00	18,00	20,00	22,00	19,00	20,00
Zinc	mg/kg	71,48	56,00	48,00	67,00	64,00	67,00	66,00	71,00	71,00	76,00	73,00
PCB ttx	µg/kg								4,88	4,88	7,00	4,88
PCDD'F	pg/g	1211,59	156,97	60,18	30,33	120,92	204,75	510,76	430,67	753,89	1012,00	624,60
PCB-DL	pg/g	1775,71	316,90	142,59	2771,66	1148,24	123,84	548,59	570,26	997,48	759,00	776,90

		ES7										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m	1,40	2,10	2,28	1,59	1,85	1,54	2,48	1,78	1,49	1,08	1,30
Aluminium	g/kg	43,03	9,30	49,00	49,70	48,30	46,90	48,00	47,60	47,40	41,20	42,05
Arsenic	mg/kg	15,39	20,00	18,10	17,70	15,20	14,30	9,20	19,90	10,00	11,00	<2
Cadmium	mg/kg	0,09	0,25	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<1
Chrome	mg/kg	61,77	29,00	58,00	64,00	61,00	61,00	61,00	61,00	63,00	49,00	2,00
Cuivre	mg/kg	14,28	26,00	23,00	26,00	21,00	19,00	25,00	19,00	20,00	16,00	<3
Mercure	mg/kg	0,08	0,10	0,16	0,09	0,10	0,12	0,09	0,10	0,09	0,07	0,11
Nickel	mg/kg	27,94	27,00	28,00	30,00	29,00	28,00	28,00	27,00	29,00	23,00	<2
Plomb	mg/kg	26,42	30,00	40,00	27,00	28,00	27,00	29,00	26,00	29,00	20,00	<1
Zinc	mg/kg	64,27	80,00	95,00	97,00	92,00	88,00	91,00	86,00	91,00	73,00	<5
PCB ttx	µg/kg								12,20	8,29	9,00	4,88
PCDD'F	pg/g	218,17	486,99	464,25	676,45	688,93	313,00	676,23	704,38	872,90	531,00	511,42
PCB-DL	pg/g	774,52	813,11	1302,41	1935,75	2464,80	1610,98	644,70	1305,69	2760,90	900,00	918,80

		ES8										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m		0,73	0,39	0,41	0,43	1,12	0,41	0,64	0,42	3,72	0,29
Aluminium	g/kg		3,10	33,30	32,20	32,50	30,30	33,80	32,60	34,70	43,80	32,50
Arsenic	mg/kg		4,00	2,10	2,50	2,40	2,60	1,00	2,60	2,00	6,00	2,00
Cadmium	mg/kg		0,25	0,05	0,10	0,10	0,10	0,05	<0,1	<0,1	0,30	<1
Chrome	mg/kg		12,00	40,00	43,00	53,00	58,00	36,00	37,00	18,00	60,00	45,00
Cuivre	mg/kg		5,00	5,00	6,00	6,00	8,00	7,00	4,00	4,00	30,00	6,00
Mercure	mg/kg		0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	<0,02	<0,02	0,09	<0,02
Nickel	mg/kg		13,00	13,00	14,00	13,00	16,00	12,00	14,00	10,00	28,00	14,00
Plomb	mg/kg		5,00	17,00	10,00	9,00	10,00	10,00	11,00	11,00	25,00	10,00
Zinc	mg/kg		30,00	29,00	37,00	32,00	43,00	31,00	33,00	27,00	109,00	36,00
PCB ttx	µg/kg								4,88	4,88	8,00	4,88
PCDD'F	pg/g		271,90	49,68	47,57	39,40	65,00	29,19	53,02	56,03	629,00	42,45
PCB-DL	pg/g		674,43	110,00	778,65	1338,95	380,84	120,74	161,56	220,35	1376,00	104,45

		ES9										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m	3,10	4,10	1,15	0,89	1,22	0,98	1,32	1,52	0,81	2,16	1,41
Aluminium	g/kg	40,78	9,60	44,50	43,60	44,30	43,60	46,40	37,70	43,60	42,70	35,50
Arsenic	mg/kg	12,24	11,00	8,80	8,10	8,00	8,40	4,60	6,10	9,00	9,00	6,00
Cadmium	mg/kg	0,09	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	<1
Chrome	mg/kg	63,64	31,00	54,00	55,00	52,00	52,00	52,00	50,00	52,00	56,00	30,00
Cuivre	mg/kg	25,07	30,00	18,00	19,00	16,00	15,00	16,00	9,00	17,00	19,00	11,00
Mercure	mg/kg	0,16	0,20	0,09	0,06	0,07	0,08	0,06	0,05	0,07	0,10	0,05
Nickel	mg/kg	27,32	27,00	25,00	26,00	26,00	26,00	24,00	20,00	27,00	25,00	21,00
Plomb	mg/kg	34,19	36,00	33,00	22,00	23,00	22,00	21,00	16,00	28,00	24,00	17,00
Zinc	mg/kg	82,90	84,00	78,00	80,00	78,00	75,00	72,00	65,00	73,00	85,00	67,00
PCB ttx	µg/kg								6,59	4,88	7,00	4,88
PCDD'F	pg/g	1757,02	1224,53	999,16	792,36	844,60	917,42	362,97	275,36	501,98	721,00	421,39
PCB-DL	pg/g	3427,41	2050,20	1015,74	1711,00	1694,96	770,40	1574,88	715,59	652,55	1410,00	601,40

		ES10										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m		0,89	1,94	1,02	1,23	1,53	0,35	1,27	0,19	0,34	0,21
Aluminium	g/kg		4,40	45,70	42,90	45,50	44,70	41,10	43,30	34,20	36,40	34,70
Arsenic	mg/kg		9,00	18,30	14,20	14,90	16,50	10,70	16,20	8,00	8,00	10,00
Cadmium	mg/kg		0,25	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<1
Chrome	mg/kg		15,00	43,00	47,00	52,00	51,00	34,00	49,00	37,00	33,00	37,00
Cuivre	mg/kg		6,00	13,00	15,00	14,00	13,00	7,00	14,00	5,00	5,00	6,00
Mercure	mg/kg		0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,01	0,04	<0,02	0,02	<0,02
Nickel	mg/kg		15,00	26,00	23,00	24,00	26,00	18,00	23,00	15,00	15,00	17,00
Plomb	mg/kg		5,00	28,00	17,00	18,00	21,00	13,00	19,00	11,00	10,00	17,00
Zinc	mg/kg		36,00	77,00	68,00	71,00	75,00	48,00	70,00	38,00	42,00	45,00
PCB ttx	µg/kg								4,88	4,88	7,00	4,88
PCDD'F	pg/g		210,50	114,32	133,23	164,70	356,90	31,62	208,51	35,93	28,00	35,92
PCB-DL	pg/g		466,10	340,69	1507,48	1469,24	95,02	142,64	450,07	188,00	117,00	86,70

		ES11										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
<b>Sédiments</b>												
COT	% m/m		1,10	1,72	1,57	1,82	2,40	1,84	1,65	1,40	1,00	1,09
Aluminium	g/kg		5,00	42,30	41,50	41,90	41,00	40,90	40,70	42,50	37,70	37,80
Arsenic	mg/kg		10,00	8,30	7,90	8,00	10,30	9,40	8,80	11,00	7,00	7,00
Cadmium	mg/kg		0,25	0,20	0,10	0,10	0,20	0,10	<0,1	0,10	0,10	<1
Chrome	mg/kg		17,00	47,00	52,00	51,00	59,00	51,00	46,00	54,00	50,00	39,00
Cuivre	mg/kg		11,00	17,00	18,00	17,00	21,00	17,00	12,00	14,00	7,00	10,00
Mercure	mg/kg		0,05	0,10	0,07	0,08	0,12	0,08	0,06	0,08	0,05	0,05
Nickel	mg/kg		18,00	24,00	25,00	23,00	27,00	23,00	21,00	25,00	19,00	21,00
Plomb	mg/kg		11,00	31,00	23,00	21,00	26,00	21,00	19,00	23,00	16,00	19,00
Zinc	mg/kg		49,00	81,00	82,00	77,00	89,00	77,00	68,00	75,00	63,00	66,00
PCB ttx	µg/kg								15,12	12,93	7,00	5,40
PCDD'F	pg/g		372,92	1298,75	828,18	813,61	1768,76	686,95	230,71	841,65	437,00	588,03
PCB-DL	pg/g		1618,74	2387,74	3231,63	2841,30	1891,06	1735,73	1476,35	2387,71	1128,00	738,55

Campagnes	ES12											
	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014	
<b>Sédiments</b>												
COT % m/m		0,10	1,82	1,41	1,74	1,60	1,76	1,44	2,05	1,43	1,27	
Aluminium g/kg		3,30	45,00	43,10	41,70	42,40	43,90	43,50	48,10	42,30	28,50	
Arsenic mg/kg		6,00	11,80	11,20	10,60	10,20	11,80	11,90	9,00	9,00	8,00	
Cadmium mg/kg		0,25	0,20	0,10	0,10	0,10	0,20	<0,1	0,10	<0,1	<1	
Chrome mg/kg		10,00	40,00	48,00	51,00	50,00	49,00	47,00	71,00	57,00	31,00	
Cuivre mg/kg		5,00	17,00	18,00	16,00	16,00	19,00	14,00	26,00	12,00	9,00	
Mercure mg/kg		0,05	0,09	0,07	0,08	0,08	0,10	0,07	0,16	0,09	0,07	
Nickel mg/kg		11,00	25,00	24,00	23,00	24,00	23,00	23,00	32,00	26,00	16,00	
Plomb mg/kg		5,00	29,00	22,00	21,00	21,00	23,00	20,00	34,00	22,00	13,00	
Zinc mg/kg		33,00	77,00	74,00	68,00	73,00	73,00	70,00	100,00	73,00	48,00	
PCB ttx µg/kg								18,54	31,46	7,00	7,00	
PCDD'F pg/g		154,05	1314,59	729,86	873,71	926,43	1037,52	800,09	2961,80	2334,00	966,44	
PCB-DL pg/g		473,00	3251,14	3188,41	3779,50	1704,94	3185,12	2262,62	4532,14	2409,00	1777,25	

Les tableaux suivants présentent l'ensemble des données de granulométrie acquises depuis le premier suivi en 2005 jusqu'à celui de 2014.

Campagnes	ES1										ES2											
	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
Fraction > à 500 µm :			0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0
Fraction de 500 à 250 µm :			0,6	0,2	0,6	0,3	0,0	0,1	0,0	3,0	1,1			0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	13,0	1,3
Fraction de 250 à 125 µm :			8,6	7,8	7,4	8,1	1,4	6,9	8,9	12,8	11,4			4,9	4,7	4,5	3,0	0,6	4,6	1,2	20,4	8,5
Fraction de 125 à 63 µm :			6,4	7,4	5,0	8,1	2,1	13,3	13,7	19,5	14,1			2,6	27,9	1,7	1,7	0,7	11,1	11,2	16,4	10,5
Fraction < à 63 µm :	82,2	79,9	84,4	86,8	83,5	96,5	79,7	77,4	63,2	73,4	88,4	48,6	92,5	90,7	93,7	95,2	99,3	84,2	87,6	41,1	79,7	
Fraction < à 2 µm :			10,7	11,6	9,8	9,7	11,7	8,4	9,4	7,3	9,0			9,6	8,8	8,8	9,5	9,7	7,9	8,5	4,0	7,8

Campagnes	ES3										ES4											
	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
Fraction > à 500 µm :			0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	1,2	4,8	0,0			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fraction de 500 à 250 µm :			3,0	6,5	0,0	7,7	5,2	4,6	12,3	7,6	0,8			0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	1,0	2,1
Fraction de 250 à 125 µm :			29,6	48,6	1,2	28,0	38,5	31,1	55,2	21,1	7,7			5,2	5,6	1,3	6,8	0,0	6,3	3,0	7,3	9,0
Fraction de 125 à 63 µm :			18,6	27,9	1,1	21,0	33,2	24,3	24,9	15,7	11,8			3,1	6,7	1,0	8,3	2,2	10,0	10,6	14,1	12,3
Fraction < à 63 µm :	75,9	63,1	48,8	16,8	97,7	19,7	22,9	40,0	6,4	50,8	79,7	89,3	53,6	91,6	87,7	97,7	84,7	97,8	83,7	86,4	77,6	76,6
Fraction < à 2 µm :			5,2	1,7	10,0	2,0	1,9	4,2	0,7	5,5	8,4			11,3	10,1	13,1	9,6	12,0	8,4	8,6	8,9	8,0

Campagnes	ES5										ES6											
	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
Fraction > à 500 µm :			0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fraction de 500 à 250 µm :			3,0	0,5	0,6	0,0	0,0	1,2	1,9	1,5	4,8			3,2	0,3	0,9	0,6	0,0	0,1	0,0	0,5	2,1
Fraction de 250 à 125 µm :			12,8	6,7	7,9	7,3	4,6	10,2	10,4	12,1	13,8			20,3	11,8	11,4	12,8	0,0	6,8	4,5	8,4	11,2
Fraction de 125 à 63 µm :			15,9	11,6	7,4	10,3	7,6	15,6	15,2	19,3	15,6			15,1	9,6	16,2	15,0	10,0	11,7	13,0	14,2	13,0
Fraction < à 63 µm :	73,7	80,9	67,9	81,2	84,1	82,3	87,8	73,0	72,5	67,1	65,8	85,1	93,6	61,4	78,3	71,5	90,0	81,4	82,5	76,9	73,7	
Fraction < à 2 µm :			8,0	8,8	8,4	10,2	8,9	7,4	7,6	7,5	7,0			7,0	10,6	7,7	8,8	9,3	9,0	8,7	8,6	8,0

Campagnes	ES7										ES8											
	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
Fraction > à 500 µm :			3,9	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,4			2,4	0,5	1,2	1,3	1,3	1,3	11,8	4,2	1,0
Fraction de 500 à 250 µm :			8,2	2,1	5,2	2,3	5,5	1,9	1,9	9,7	8,6			52,9	34,3	39,6	33,8	49,5	53,9	27,3	10,3	40,5
Fraction de 250 à 125 µm :			12,3	11,7	11,6	13,1	14,0	10,4	11,0	29,9	17,1			35,3	42,4	42,8	42,7	39,6	39,6	46,3	14,9	46,4
Fraction de 125 à 63 µm :			14,6	15,0	13,5	17,2	11,7	20,8	19,6	21,7	22,5			2,8	4,4	5,1	5,2	3,2	3,0	5,1	17,5	6,1
Fraction < à 63 µm :	71,3	78,1	61,0	71,2	66,0	67,5	68,8	66,9	67,5	36,6	49,4	16,1	6,7	18,4	11,3	17,0	6,5	2,2	9,5	53,1	6,0	
Fraction < à 2 µm :			6,7	6,9	6,8	7,6	7,5	6,3	7,3	3,9	4,9			0,6	1,1	1,0	1,0	0,5	0,2	0,7	3,0	0,5

Campagnes	ES9										ES10											
	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
Fraction > à 500 µm :			1,1	1,7	1,2	1,0	0,0	8,1	0,0	6,8	8,4			19,4	1,6	0,0	1,0	0,7	0,5	2,1	2,6	1,6
Fraction de 500 à 250 µm :			3,6	4,1	5,5	2,9	0,1	9,2	4,2	6,4	9,8			15,3	10,9	7,7	7,1	10,6	8,3	22,8	3,5	22,1
Fraction de 250 à 125 µm :			20,9	20,9	20,3	16,4	17,7	29,1	30,8	19,9	30,0			29,2	35,6	28,0	21,4	53,7	27,1	60,2	53,9	56,0
Fraction de 125 à 63 µm :			11,9	2,3	12,2	13,5	6,5	17,9	12,4	13,9	19,3			18,1	4,0	27,3	26,0	25,6	26,1	12,1	7,6	13,4
Fraction < à 63 µm :	70,7	86,2	62,5	56,9	60,8	66,3	75,7	35,7	52,6	53,0	32,5	7,8	18,0	26,0	37,0	44,5	9,4	38,0	2,9	3,4	7,0	
Fraction < à 2 µm :			9,7	8,2	8,7	10,0	11,3	2,4	8,2	5,4	2,5			1,5	2,6	3,7	4,5	0,8	3,9	0,4	0,5	1,0

Campagnes	ES11										ES12											
	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014	2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Urgence 2013	2014
Fraction > à 500 µm :			0,3	6,4	5,3	2,9	0,0	0,7	0,0	1,7	1,8			2,6	6,0	8,5	2,9	0,0	2,4	6,0	3,0	1,5
Fraction de 500 à 250 µm :			5,3	5,8	6,0	10,6	6,1	5,6	0,5	8,3	7,7			11,3	7,5	11,2	10,7	10,3	16,8	17,3	11,5	16,4
Fraction de 250 à 125 µm :			21,4	17,4	20,0	12,7	19,0	26,7	11,0	39,8	34,5			25,2	28,5	30,0	27,7	26,7	36,0	33,0	29,4	29,4
Fraction de 125 à 63 µm :			19,4	2,3	17,5	13,2	23,3	14,5	14,2	19,5	24,8			12,4	2,7	11,4	12,0	12,1	13,6	14,2	16,2	12,5
Fraction < à 63 µm :			17,5	53,6	50,7	51,2	60,6	51,6	52,5	74,3	30,7	31,2	5,3	48,5	43,8	38,9	46,6	50,9	31,2	29,5	39,9	40,2
Fraction < à 2 µm :			4,5	4,4	4,0	5,3	4,1	3,3	7,1	3,1	2,7			5,0	4,6	3,7	4,5	5,0	2,7	2,5	3,9	3,8

## 4.2. GRANULOMÉTRIE ET FRACTION FINE

### 4.2.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La caractérisation des sédiments a été réalisée à partir de l'étude des répartitions granulométriques, de l'évaluation du taux de matériaux fins et de la classification proposée par Ibouily (1981), basée sur le pourcentage de particules fines <63 µm.

La figure suivante présente les compositions granulométriques des sédiments observées au niveau de chacune des stations en 2014.

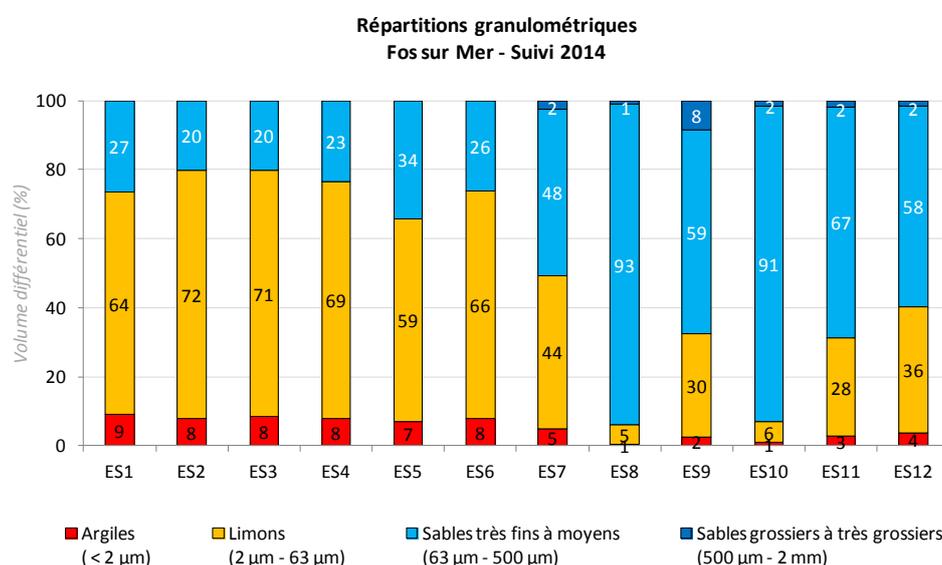


Figure 8 : Répartitions granulométriques des particules de 0 à 2 mm (en % volume différentiel) et > 2 mm au niveau des 12 stations de prélèvement de sédiment, Fos-sur-Mer, 2014.

Les sédiments des stations ES1, ES2, ES3, ES4, ES5 et ES6, localisées au niveau des darses 1 et 2 ne sont représentés que par trois classes de particules sédimentaires. Les sédiments de ces stations sont dominés à plus de 50% par des limons. En effet, les valeurs sont comprises entre 59% au minimum (station ES5) et 72% au maximum (station ES2). Ensuite, les sédiments sont constitués de sables très fins à moyens avec un pourcentage compris entre 20% (stations ES2 et ES3) et 34% (station ES5). Et enfin, les argiles sont également présentes au niveau de ces six stations avec un pourcentage relativement faible compris entre 7% (station ES5) et 9% (station ES1).

Les sédiments des six autres stations (stations ES7, ES8, ES9, ES10, ES11 et ES12), situées à l'Est, Sud-Est, Sud-Ouest et Ouest de l'Anse de Carteau sont représentés par quatre classes de particules sédimentaires, dont les trois classes citées précédemment. Les sables très fins à moyens dominent ces six stations avec des valeurs comprises entre 48% au minimum (station ES7) et 93% au maximum

(station ES8). Ensuite, les sédiments sont caractérisés par les limons avec un pourcentage compris entre 5% (station ES8) et 44% (station ES7). Et enfin, ils sont constitués avec un pourcentage relativement faible d'argiles et de sables grossiers à très grossiers. Le pourcentage des argiles dans ces six stations est légèrement inférieur avec une valeur comprise entre 1% (station ES8) et 5% (station ES7). La quatrième taille de particules sédimentaires représentée dans ces sédiments est les sables grossiers à très grossiers. Le pourcentage de cette classe est compris entre 1% (station ES8) et 8% (station ES9).

La fraction pélitique ou fraction fine comprend la classe sédimentaire des argiles et des limons, correspondant à une taille des particules inférieure à 63 µm.

La figure suivante présente le pourcentage de fraction fine au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.

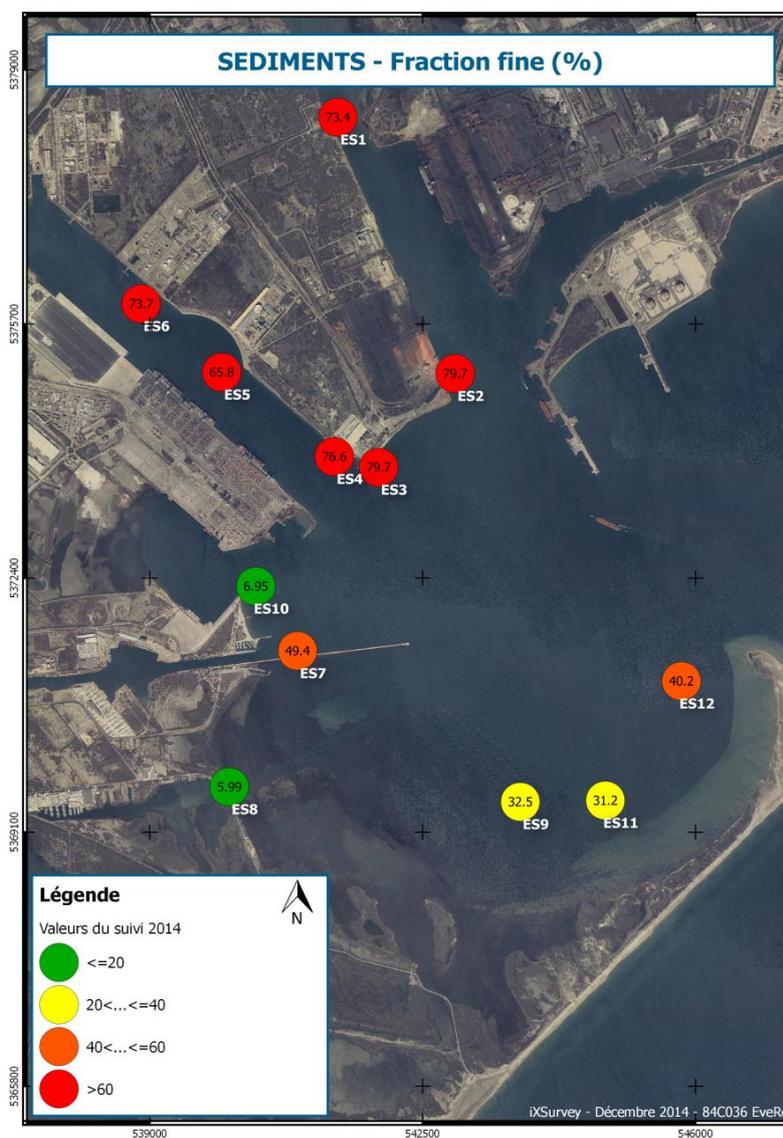


Figure 9 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour la fraction fine dans les sédiments.

Le pourcentage de fraction fine est très variable d'une station à l'autre. Il varie de 6% au niveau de la station ES8 à 80% au niveau des stations ES2 et ES3. D'une façon générale, les valeurs les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 1 et de la Darse 2 ; alors que les valeurs les plus faibles se trouvent au niveau des stations de l'Étang de Gloria et de l'Anse de Carteau. Cela signifie que le taux d'envasement est plus important au niveau des six stations (stations ES1, ES2, ES3, ES4, ES5 et ES6) situées dans les Darses.

Le tableau suivant présente la classification des sédiments prélevés au niveau des douze stations de prélèvements d'après Ibouily (1981).

STATION	FRACTION <63 $\mu$ M (%)	CLASSE (IBOUILY, 1981)	TYPE DE SEDIMENT
ES1	73.4	60 % < Fraction fine < 80 %	Sédiments très envasés à dominante de vases
ES2	79.7	60 % < Fraction fine < 80 %	Sédiments très envasés à dominante de vases
ES3	79.7	60 % < Fraction fine < 80 %	Sédiments très envasés à dominante de vases
ES4	76.6	60 % < Fraction fine < 80 %	Sédiments très envasés à dominante de vases
ES5	65.8	60 % < Fraction fine < 80 %	Sédiments très envasés à dominante de vases
ES6	73.7	60 % < Fraction fine < 80 %	Sédiments très envasés à dominante de vases
ES7	49.4	40 % < Fraction fine < 60 %	Sédiments très envasés à dominante de sables
ES8	6.0	Fraction fine < 10 %	Sables purs
ES9	32.5	20 % < Fraction fine < 40 %	Sables moyennement envasés
ES10	7.0	Fraction fine < 10 %	Sables purs
ES11	31.2	20 % < Fraction fine < 40 %	Sables moyennement envasés
ES12	40.2	40 % < Fraction fine < 60 %	Sédiments très envasés à dominante de sables

Tableau 11 : Classification des sédiments d'après Ibouily (1981). Fos-sur-Mer. 12 stations de sédiment. 2014.

D'après cette classification, les sédiments observés dans la zone d'étude sont de quatre types :

- Les sédiments des stations localisées au niveau des darses 1 et 2 (ES1. ES2. ES3. ES4 ES5 et ES6) sont considérés comme très envasés à dominante de vase ;
- Les sédiments des stations ES7 et ES12 s'avèrent également très envasés avec une dominance de sables ;
- Les sédiments des stations ES9 et ES10 se composent de sables moyennement envasés ;
- Et enfin, les sédiments des stations ES8 et ES10 sont constitués de sables purs.

#### 4.2.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de fraction fine pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de la fraction fine sur l'ensemble du suivi).

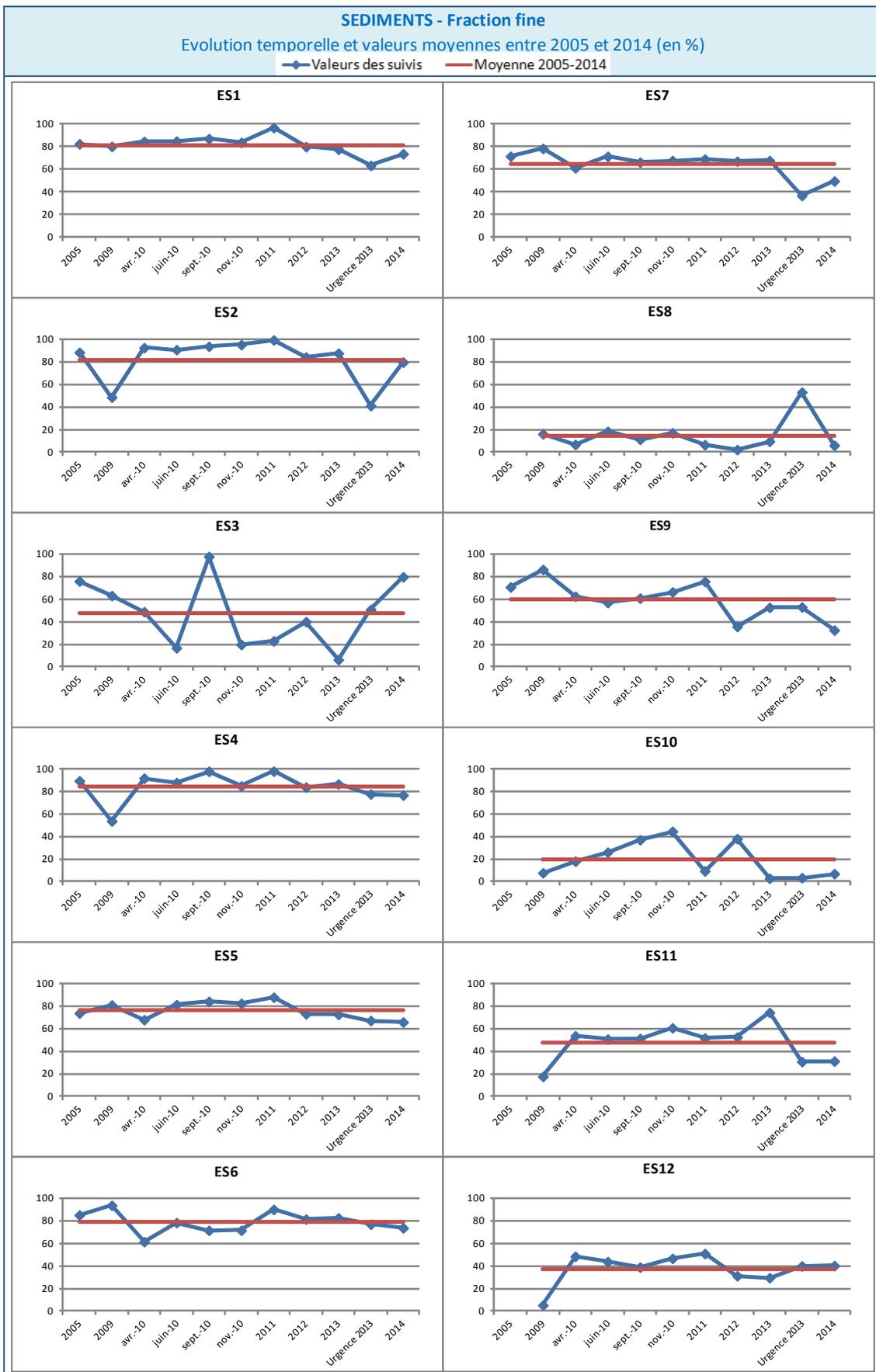


Figure 10 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour la fraction fine dans les sédiments.

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, les valeurs de la fraction fine ont tendance à s'être rapprochées de la valeur moyenne de l'ensemble des suivis, excepté pour les stations ES3 et ES9 où elles s'en éloignent. Une diminution variant de 1% (station ES4) à 47% (station ES8) et une augmentation variant de 0.3% (station ES12) à 39% (station ES2) sont observées entre ces deux suivis.

La station ES3 présente une forte augmentation depuis 2013 avec une valeur passant de 6% en 2013 à 80% en 2014.

D'une façon générale, les valeurs de fraction fine au niveau de cette station fluctuent fortement depuis 2005 avec une valeur minimale en 2013 (6%) et maximale en septembre 2010 (98%).

Globalement, les valeurs moyennes issues de l'ensemble des suivis sont plus élevées (proche de 80%) au niveau de six stations (stations ES1, ES2, ES3, ES4, ES5 et ES6) localisées dans les Darses, excepté celle de ES3 qui a subi d'importantes fluctuations. L'amplitude moyenne de variation entre les valeurs minimales et maximales de ces six stations depuis le début des suivis est de 35%. Les autres stations situées dans l'Anse de Carteau semblent subir de plus amples variations avec un pourcentage d'amplitude moyen entre les valeurs minimales et maximales égal à 57%.

Il est important de préciser que la classification des sédiments d'Ibouily (1981) se base sur des classes de particules fines définies tous les 20%. De ce fait, à un moment ou un autre du suivi, chacune stations a évolué de composition sédimentaire de façon à changer de classe. En effet, même la station ES5 possédant le plus faible écart entre les valeurs extrêmes était qualifiée de sédiment très envasé à dominance de vase en avril 2010 avec une valeur de 65.8% alors qu'en 2011 il était désigné de vase pure avec une valeur de 87.8%.

## **4.3. CARBONE ORGANIQUE TOTAL**

### **4.3.1. RESULTATS DU SUIVI 2014**

Le Carbone Organique Total (COT) est l'un des plus importants paramètres dans l'évaluation de la qualité des sédiments marins. En effet, ce paramètre est un indicateur de la capacité d'adsorption des contaminants métalliques et organiques dans le sédiment.

La figure suivante présente le pourcentage de COT au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenu lors du suivi 2014.

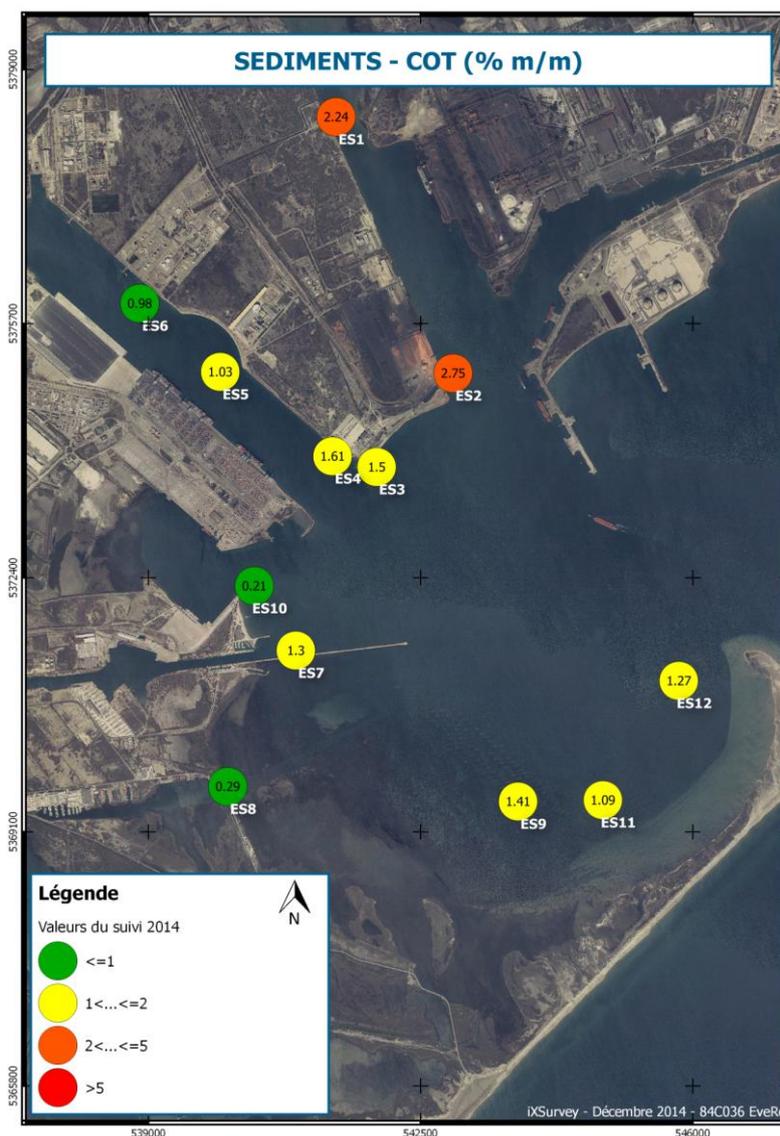


Figure 11 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le COT dans les sédiments.

Une variation spatiale des pourcentages de COT s'observe au niveau de la zone d'étude. Les valeurs de COT oscillent entre 0.21% m/m au minimum (station ES10) et 2.75% m/m au maximum (station ES2). Les valeurs les plus élevées se notent dans la Darse 1 ; alors que les valeurs les plus faibles se constatent au niveau de l'Étang de Gloria (station ES10) et du canal St-Antoine (station ES8) ainsi qu'au Nord de la Darse 2 (station ES6).

Le tableau suivant présente la classification en enrichissement des sédiments au niveau des douze stations de prélèvements d'après Licari (1998).

STATION	COT (% M/M)	CLASSE (LICARI,1998)	ENRICHISSEMENT
ES1	2.24	> 1.52 %	Valeur très forte
ES2	2.75	> 1.52 %	Valeur très forte

ES3	1.50	0.75 - 1.52 %	Valeur forte
ES4	1.61	> 1.52 %	Valeur très forte
ES5	1.03	0.75 - 1.52 %	Valeur forte
ES6	0.98	0.44 - 0.75 %	Valeur moyennement forte
ES7	1.30	0.75 - 1.52 %	Valeur forte
ES8	0.29	< 0.44 %	Valeur faible
ES9	1.41	0.75 - 1.52 %	Valeur forte
ES10	0.21	< 0.44 %	Valeur faible
ES11	1.09	0.75 - 1.52 %	Valeur forte
ES12	1.27	0.75 - 1.52 %	Valeur forte

Tableau 12 : Classification de l'enrichissement des sédiments d'après Licari (1998). Fos-sur-Mer. 12 stations de sédiment. 2014.

D'après cette classification, les sédiments observés dans la zone d'étude ont des valeurs d'enrichissement faible à très forte. L'enrichissement des sédiments le plus fort se note dans la Darse 1 ; alors que l'enrichissement des sédiments le plus faible se constate au niveau de l'Étang de Gloria (station ES10) et du canal St-Antoine (station ES8).

#### 4.3.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de COT pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi : courbe rouge : valeur moyenne de COT sur l'ensemble du suivi).

La comparaison des valeurs du suivi d'urgence 2013 avec celles de 2014 révèle des valeurs en COT relativement semblables pour l'ensemble des stations, excepté ES2 et ES8 où des diminutions importantes se notent. En effet, au niveau de la station ES2 la valeur de COT est passée de 5.30% lors du suivi d'urgence 2013 à 2.75% lors du suivi de 2014 et au niveau de la station ES8 la valeur de COT est passée de 3.72% lors du suivi d'urgence 2013 à 0.29% lors du suivi de 2014.

Globalement, les valeurs de COT ont tendance à être relativement proches de la valeur moyenne de l'ensemble des suivis. Les concentrations en COT dans le sédiment dans les trois stations de la Darse 2 (stations ES4, ES5 et ES6) s'avèrent extrêmement stables depuis la campagne d'avril 2010 avec une variation moyenne entre les valeurs extrêmes de 0.5%. Au regard des moyennes de l'ensemble des suivis, les sédiments des deux stations de la Darse 1 (stations ES1 et ES2) semblent être les plus contaminés en COT avec une valeur moyenne proche de 3%. Les valeurs des stations ES1 et ES10 depuis le début du suivi semblent indiquer une tendance à la baisse de la concentration en COT dans les sédiments.

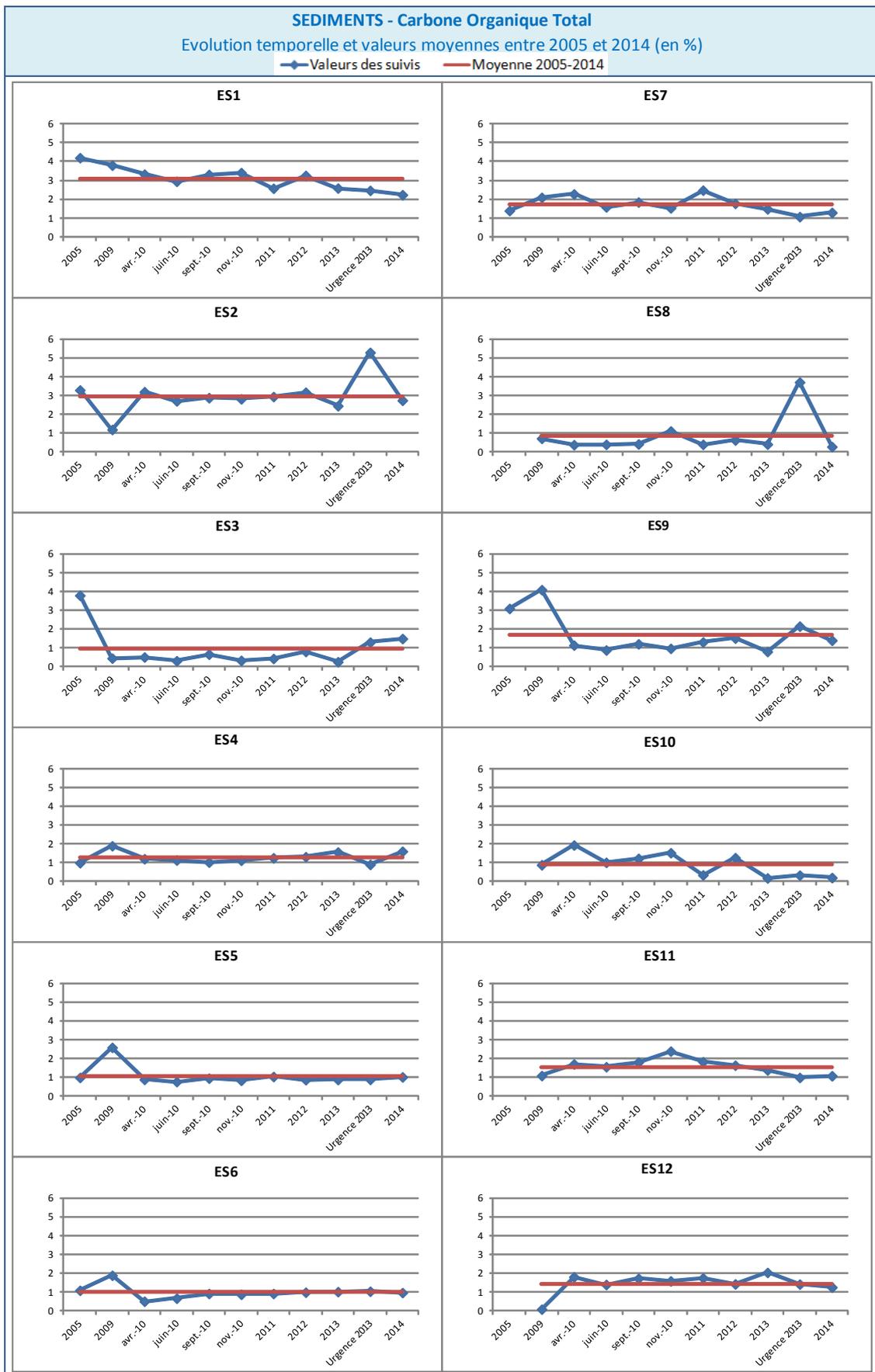


Figure 12 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le COT dans les sédiments.

### 4.3.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre le COT et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

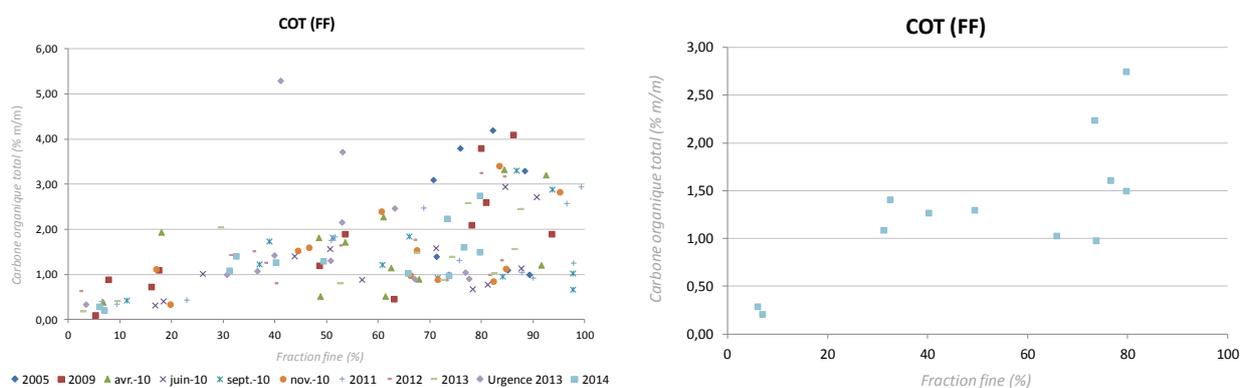


Figure 13 : Normalisation du COT par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre le COT et l’aluminium (deuxième paramètre de normalisation).

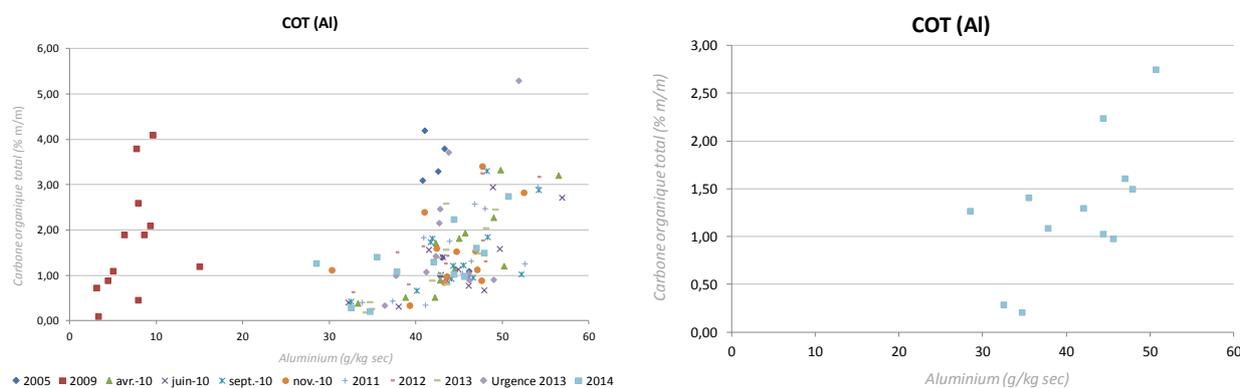


Figure 14 : Normalisation du COT par l’aluminium dans les sédiments.

Une corrélation entre les données de COT et de fraction fine s’observe au regard des données issues du suivi de 2014. En effet, les teneurs en COT les plus élevées sont majoritairement associées aux pourcentages en fraction fine les plus forts. La corrélation entre le COT et l’aluminium existe mais elle est moins marquée.

## 4.4. ALUMINIUM

### 4.4.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en aluminium au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.

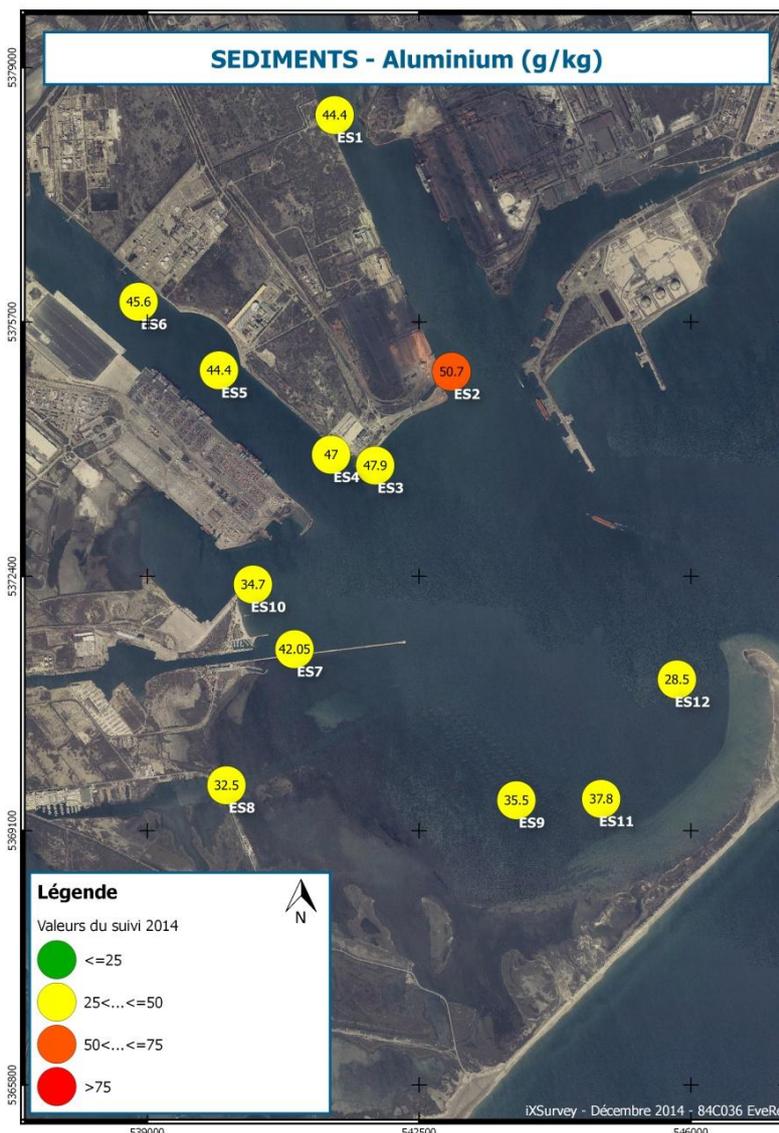


Figure 15 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour l'aluminium dans les sédiments.

Les valeurs d'aluminium obtenues dans le cadre du suivi 2014 varient d'une station à l'autre. Ces valeurs sont comprises entre 28.5 g/kg sec au minimum (station ES12) et 50.7 g/kg sec au maximum (station ES2). L'ensemble des valeurs reste relativement homogène sur l'ensemble de la zone. Les valeurs sont légèrement plus élevées au niveau des stations localisées dans les Darses.

#### 4.4.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données d'aluminium pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi : courbe rouge : valeur moyenne d'aluminium sur l'ensemble du suivi).

Une continuité se note entre les teneurs en aluminium des sédiments obtenues lors du suivi d'urgence 2013 et celui de 2014. Une légère augmentation se constate au niveau de la station ES3 avec une valeur lors du suivi d'urgence 2013 de 42.10 g/kg sec et de 47.90 g/kg sec en 2014. Une légère diminution s'observe également au niveau des stations ES8 et ES12, avec des valeurs passant réciproquement de 43.80 g/kg sec à 32.50 g/kg sec et de 42.30 g/kg sec à 28.50 g/kg sec.

L'ensemble des valeurs d'aluminium depuis le début des suivis est relativement stable, excepté pour l'année 2009 où les teneurs sont extrêmement faibles. Globalement, les stations ont une concentration moyenne en aluminium voisine avec une valeur moyenne de l'ensemble des suivis proche de 40 g/kg sec. Toutefois, les sédiments de la station ES2 semblent être en moyenne légèrement plus chargés en aluminium (valeur moyenne de l'ensemble des suivis égale à 42.6 g/kg sec); alors que le constat inverse se note pour la station ES8 (valeur moyenne de l'ensemble des suivis égale à 30.9 g/kg sec).

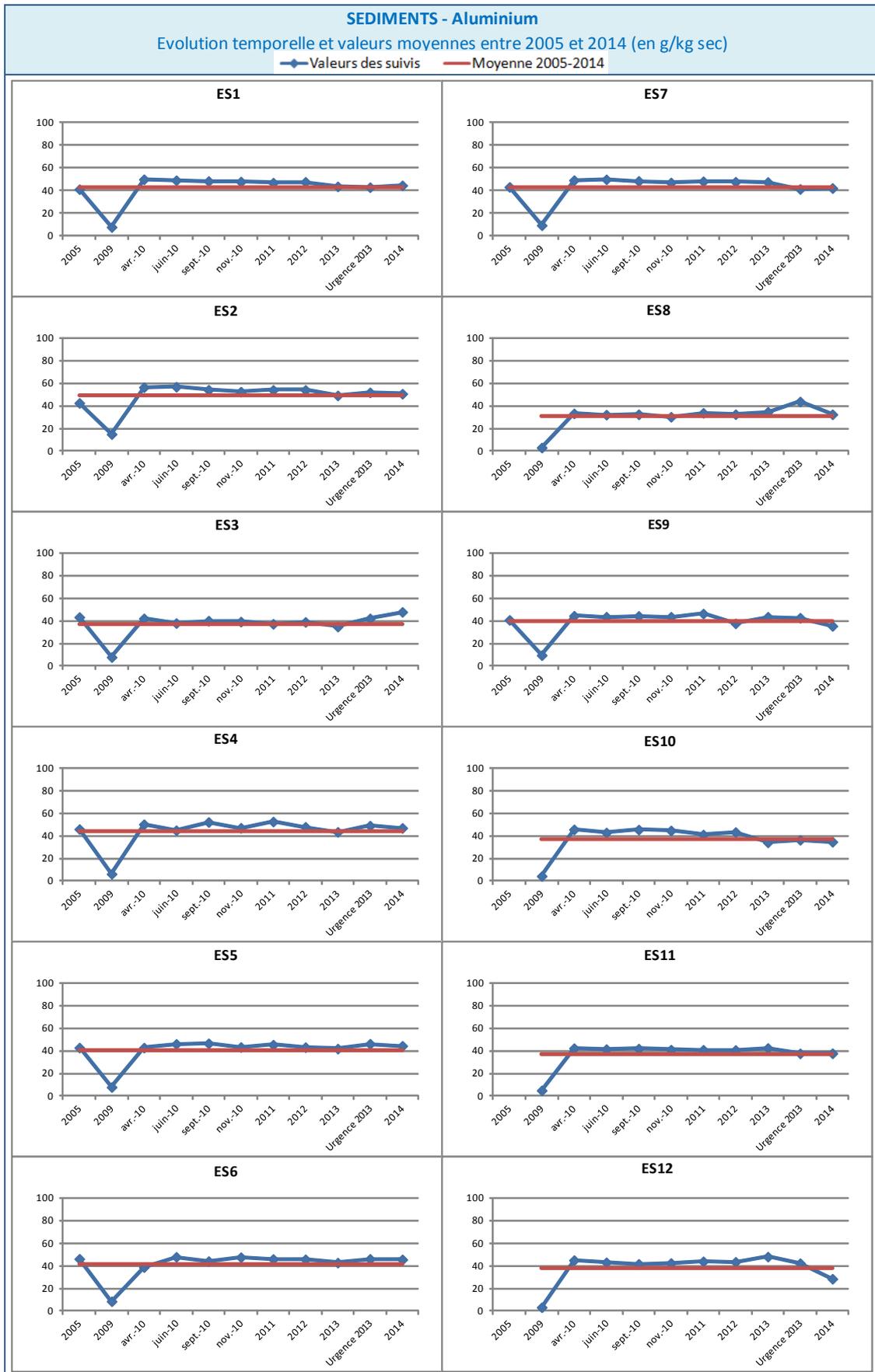


Figure 16 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour l'aluminium dans les sédiments.

### 4.4.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre l'aluminium et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

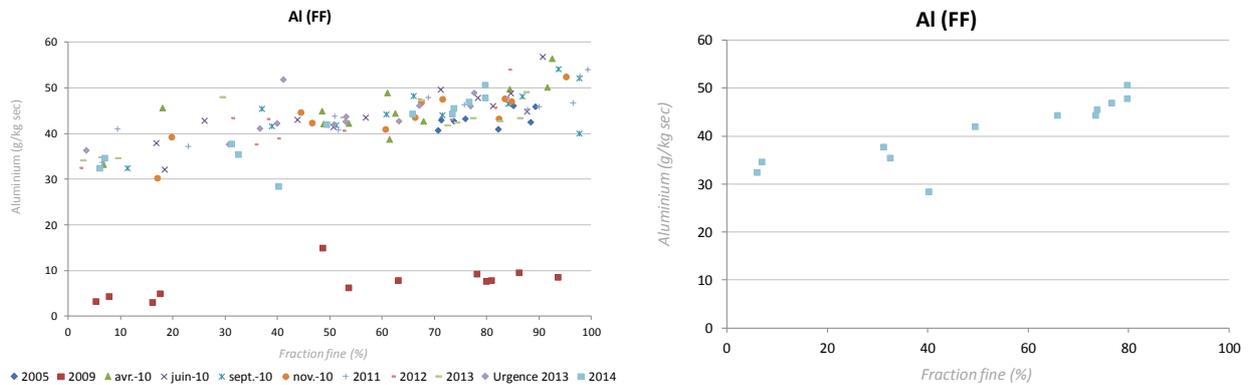


Figure 17 : Normalisation de l'aluminium par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre l'aluminium et le COT (deuxième paramètre de normalisation).

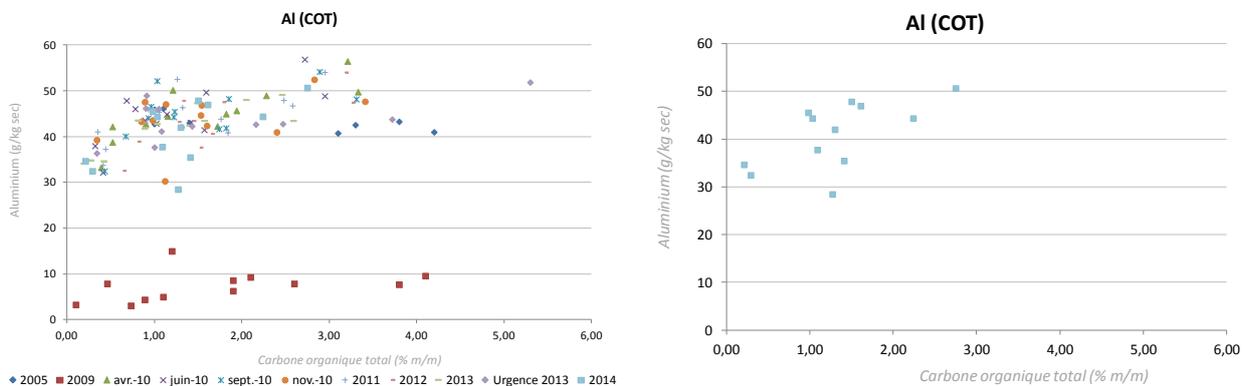


Figure 18 : Normalisation de l'aluminium par le COT dans les sédiments.

Le nuage de point formé par l'ensemble des résultats disponibles indique une corrélation entre les données d'aluminium et la fraction fine et le COT. Toutefois, cette corrélation s'avère plus marquée par la fraction fine que pour le COT et s'observe très nettement sur les données issues du suivi de 2014. Les teneurs en aluminium les plus élevées sont majoritairement associées à des pourcentages en fraction fine et en COT les plus forts.

## 4.5. ARSENIC

### 4.5.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en arsenic au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.

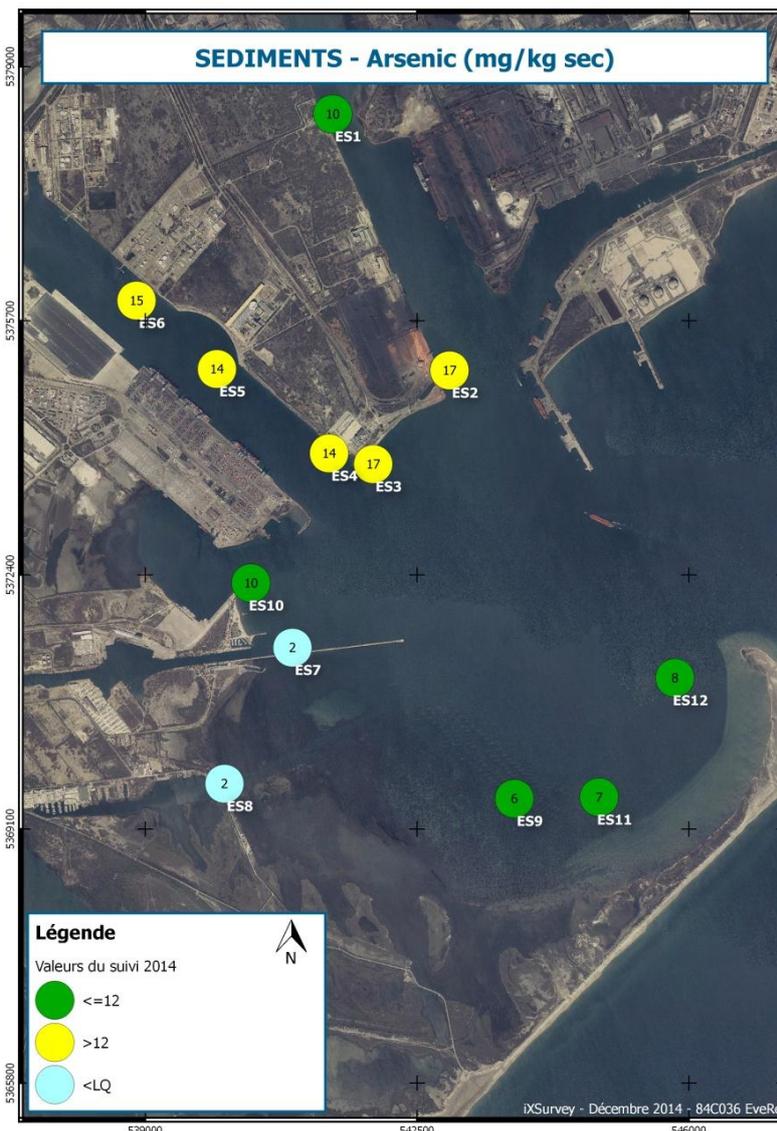


Figure 19 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour l'arsenic dans les sédiments.

L'analyse des valeurs d'arsenic obtenues dans le cadre du suivi 2014 révèle une variation spatiale entre les stations étudiées. La valeur exacte n'a pas pu être déterminée pour les stations ES7 et ES8, car les teneurs en arsenic sont inférieures à la limite de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 2 mg/kg sec). Les valeurs d'arsenic sont comprises entre 6 mg/kg sec au minimum (station ES9) et 17 g/kg sec au maximum (stations ES2 et ES3). Les valeurs sont plus élevées au niveau des stations localisées dans les Darses.

Mai 2015

Référence Document iXSurvey : iXSurvey\_EveRe\_SuiviEnvironnemental2014\_RapportFinal\_V3.0

## 4.5.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données d'arsenic pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi : courbe rouge : valeur moyenne d'arsenic sur l'ensemble du suivi).

La comparaison des valeurs du suivi d'urgence 2013 avec celles de 2014 révèle des valeurs en arsenic voisines pour les stations ES1, ES11 et ES12. Des diminutions plus ou moins importantes se notent au niveau des stations ES6, ES7, ES8 et ES9. En effet, la chute des valeurs la plus marquée se localise au niveau de la station ES7 où la teneur passe de 11 mg/kg sec lors du suivi d'urgence de 2013 à une valeur non déterminée inférieure au seuil de quantification. La diminution la plus faible se note au niveau de la station ES6 avec une différence de 2 mg/kg sec. Des augmentations s'observent également au niveau des autres stations (stations ES2, ES3, ES4, ES5 et ES10). L'augmentation la plus forte se trouve au niveau des stations ES2 et ES3 avec une différence de 3 mg/kg sec ; alors que la plus faible s'observe au niveau de la station ES4 avec 1 mg/kg sec d'écart.

Globalement, les valeurs d'arsenic fluctuent dans le temps, quelque soit la station. Uniquement quatre stations (stations ES1, ES8, ES11 et ES12) ont des valeurs depuis l'ensemble du suivi resserrées autour de la valeur moyenne de l'ensemble des suivis. Au regard des valeurs moyennes de l'ensemble des suivis, la concentration moyenne des sédiments superficiels est plus importante au niveau de la station ES7 avec une valeur moyenne de 15.1 mg/kg sec. Elle s'avère la plus faible au niveau de la station ES8 avec une valeur moyenne de l'ensemble des suivis de 2.7 mg/kg sec.

Il est important de préciser que les teneurs en arsenic dans l'ensemble des stations sont inférieures au seuil N1 défini par l'Arrêté de 2006 (revu en 2014) fixé à 25 mg/kg sec.

Aucune normalisation n'a été effectuée pour ce paramètre qui évolue toujours indépendamment des caractéristiques de la matrice.

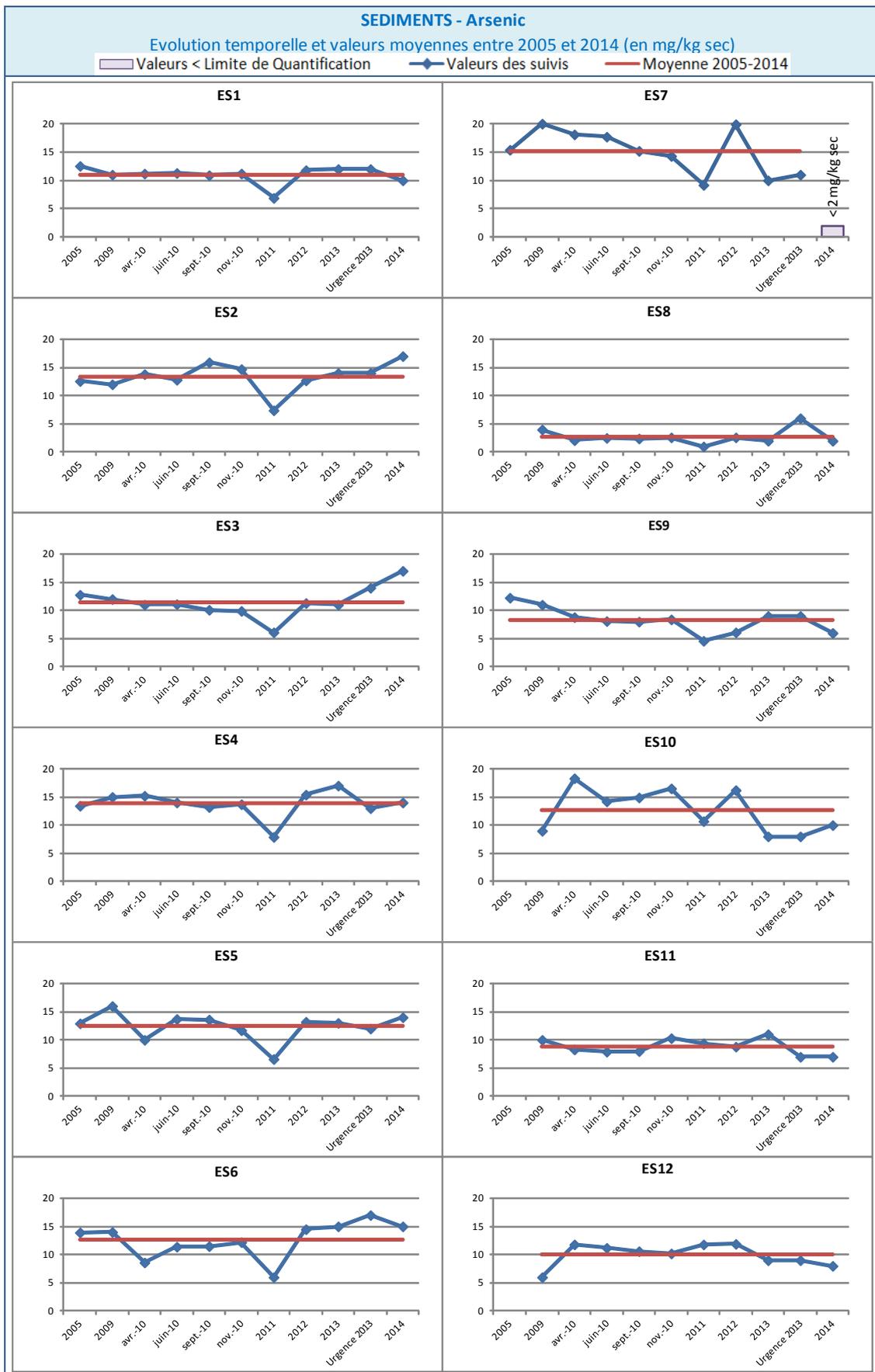


Figure 20 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour l'arsenic dans les sédiments.

## 4.6. CADMIUM

### 4.6.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en cadmium au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.



Figure 21 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le cadmium dans les sédiments.

Les valeurs de cadmium dans l'ensemble des stations de la zone d'étude sont inférieures à la limite de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 1 mg/kg sec).

#### 4.6.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de cadmium pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi : courbe rouge : valeur moyenne de cadmium sur l'ensemble du suivi).

La comparaison des valeurs du suivi d'urgence 2013 avec celles de 2014 est rendue difficile en raison des valeurs de 2014 qui sont toutes inférieures à la limite de quantification de 1 mg/kg sec. En effet, les années précédentes, cette limite était plus faible pour ce paramètre permettant ainsi de déterminer plus finement la teneur en cadmium dans les sédiments.

Globalement, les valeurs de cadmium dans les sédiments superficiels depuis le début des suivis sont inférieures (ou très légèrement supérieures) à la limite de quantification définie par le laboratoire d'analyse. Il s'avère que les augmentations importantes seraient dues essentiellement aux différences de valeur de limite de quantification des laboratoires. Les valeurs moyennes de l'ensemble des données des suivis sont proches de 0.1 mg/kg sec pour chacune des stations.

Il est important de préciser que les teneurs en cadmium dans l'ensemble des stations sont inférieures au seuil N1 défini par l'Arrêté de 2006 (revu en 2014) fixé à 1.2 mg/kg sec.

Aucune normalisation n'a été effectuée pour ce paramètre étant donné que les valeurs obtenues sont inférieures à la limite de quantification.

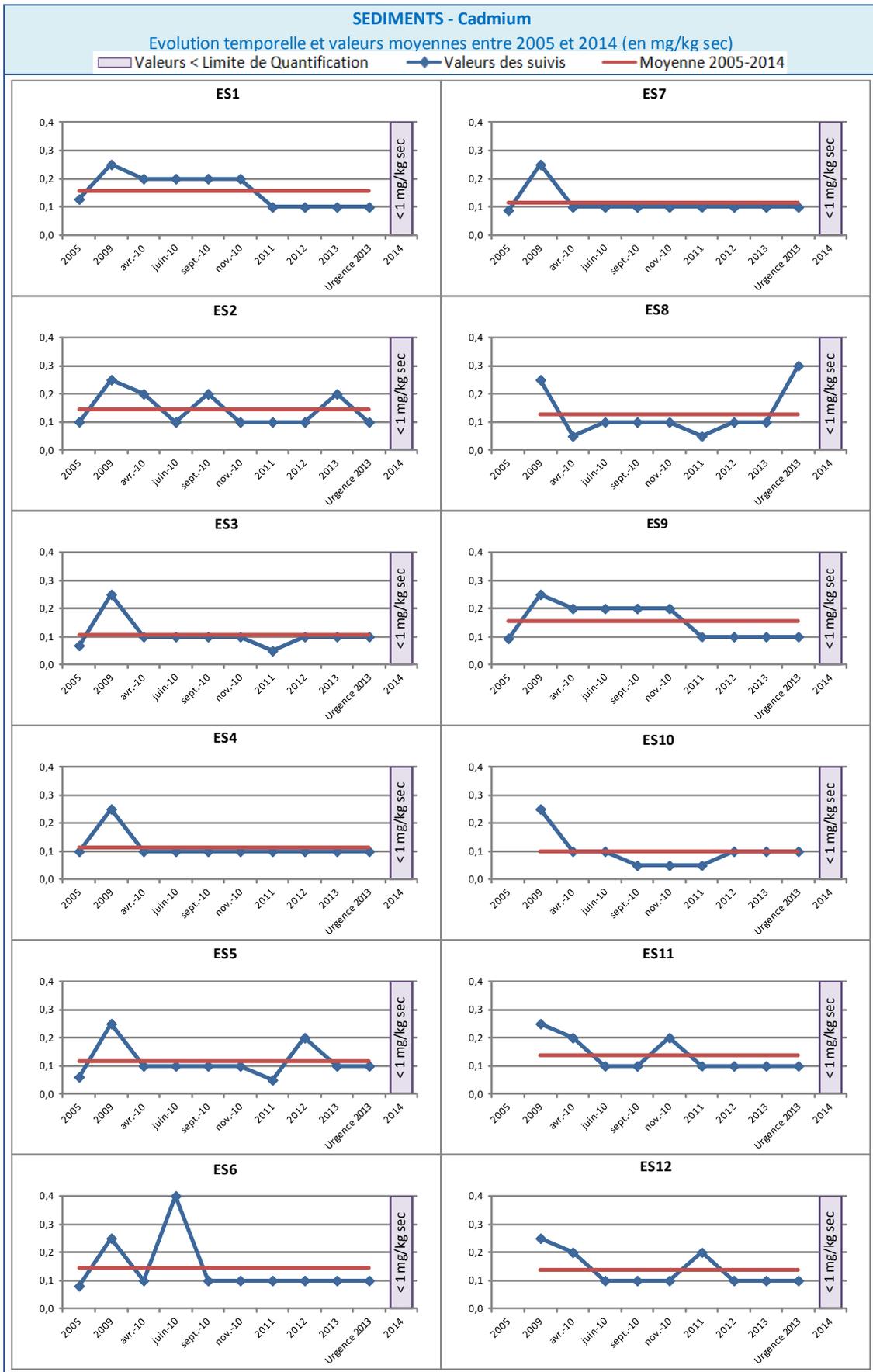


Figure 22 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le cadmium dans les sédiments.

## 4.7. CHROME

### 4.7.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en chrome au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.

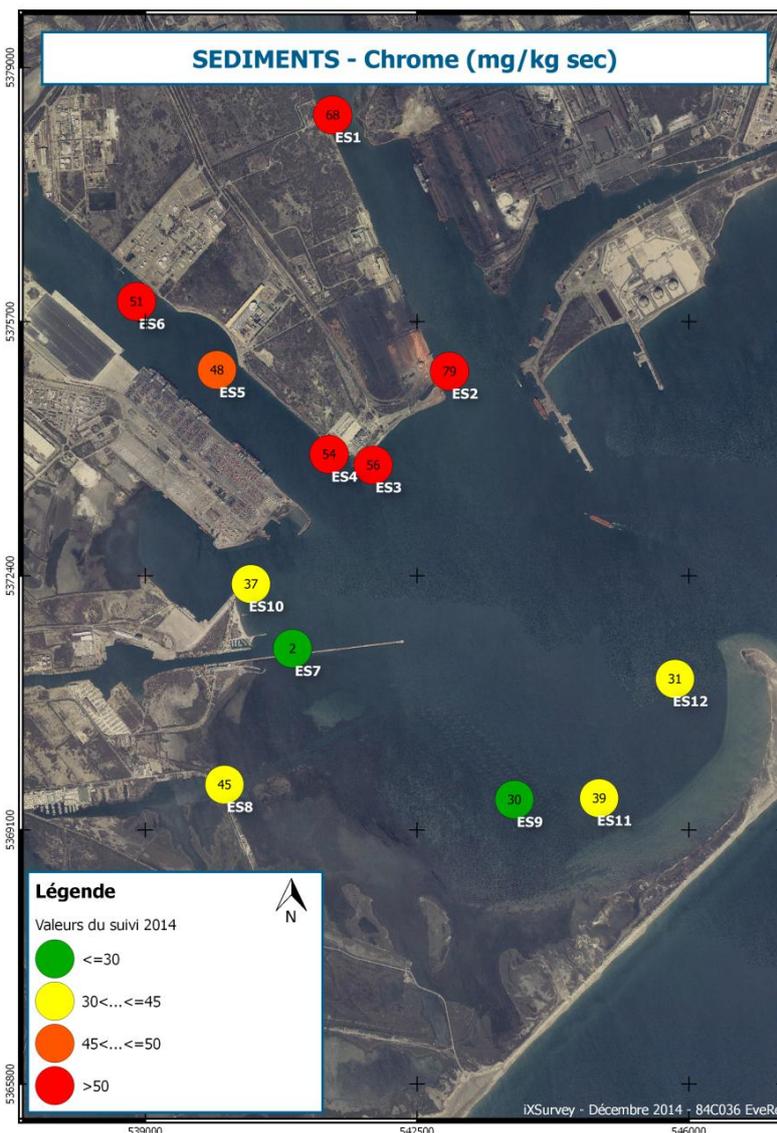


Figure 23 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le chrome dans les sédiments.

La teneur en chrome est très variable d'une station à l'autre. Elle varie de 2 mg/kg sec au minimum au niveau de la station ES7 à 79 mg/kg sec au maximum au niveau de la station ES2. D'une façon générale, les valeurs les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 1 et de la Darse 2 ; alors que les valeurs les plus faibles se trouvent au niveau des stations de l'Anse de Carteau et plus particulièrement au niveau du canal St-Louis.

Mai 2015

Référence Document iXSurvey : iXSurvey\_EveRe\_SuiviEnvironnemental2014\_RapportFinal\_V3.0

## 4.7.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de chrome pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de chrome sur l'ensemble du suivi ; courbe verte : seuil N1 de l'Arrêté de 2006 revu en 2014).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, les valeurs de chrome ont tendance à être stables au niveau des stations de la Darse 2 (stations ES4, ES5 et ES6) de la Darse 1 (station ES1), mais également au niveau de l'Etang de Gloria (station ES10) et celle entre les deux Darses (station ES3). En ce qui concerne les autres stations, les valeurs de 2014 sont inférieures à celles du suivi d'urgence 2013. En effet, une diminution de 17 mg/kg sec, 15 mg/kg sec, 16 mg/kg sec, 26 mg/kg sec, 11 mg/kg sec et 26 mg/kg sec se note respectivement au niveau des stations ES2, ES8, ES9, ES11 et ES12. Une diminution surprenante s'observe au niveau de la station ES7 avec une teneur passant de 49 mg/kg sec lors du suivi d'urgence 2013 à 2 mg/kg sec lors du suivi de 2014, soit 47 mg/kg de différence.

Globalement, les niveaux de contamination en chrome sont plus élevés dans les deux stations de la Darse 1 (stations ES1 et ES2). Ces niveaux tendent à diminuer en se rapprochant de la périphérie du Golfe.

Il est important de préciser que le seuil N1 défini par l'Arrêté de 2006 (revu en 2014) fixé à 90 mg/kg sec est dépassé une seule fois au niveau de la station ES2 lors du suivi d'urgence 2013 avec une valeur de 96 mg/kg sec.



Figure 24 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le chrome dans les sédiments.

### 4.7.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre le chrome et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

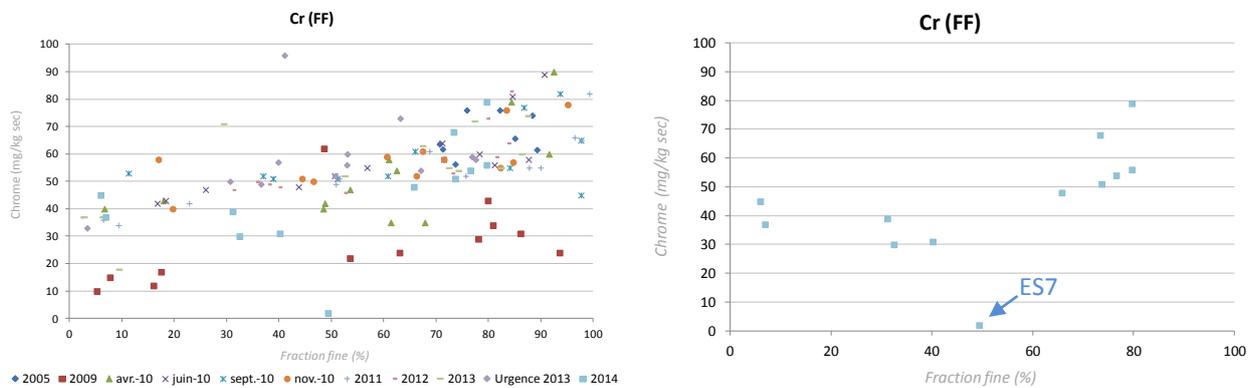


Figure 25 : Normalisation du chrome par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre le chrome et l'aluminium (deuxième paramètre de normalisation).

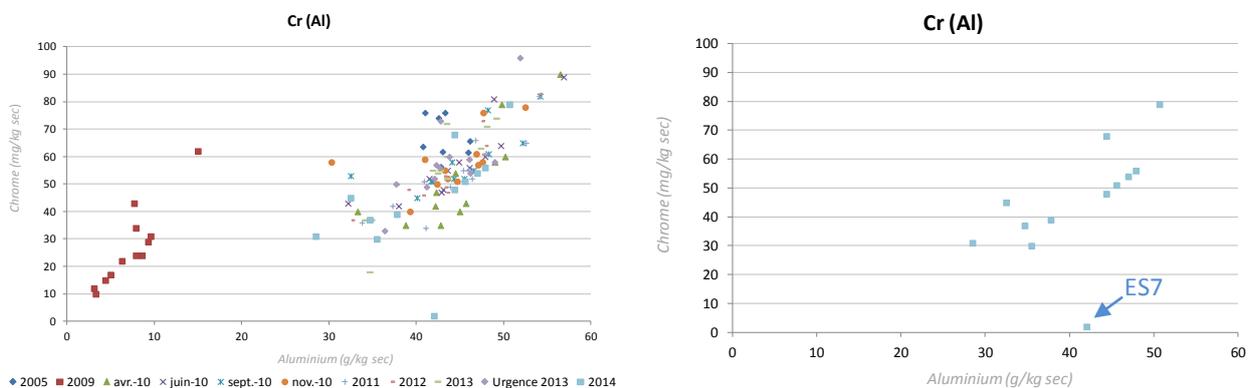


Figure 26 : Normalisation du chrome par l'aluminium dans les sédiments.

La corrélation entre le chrome et les deux paramètres de normalisation est marquée, même pour les données de 2009 qui n'ont pas des valeurs du même ordre de grandeur que l'ensemble des données des autres suivis. En effet, les teneurs en chrome les plus élevées sont majoritairement associées aux pourcentages en fraction fine et aux teneurs en aluminium les plus forts.

La station ES7, ayant une valeur très faible plutôt surprenante en 2014, se distingue très nettement des autres stations.

## 4.8. CUIVRE

### 4.8.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs de cuivre au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.

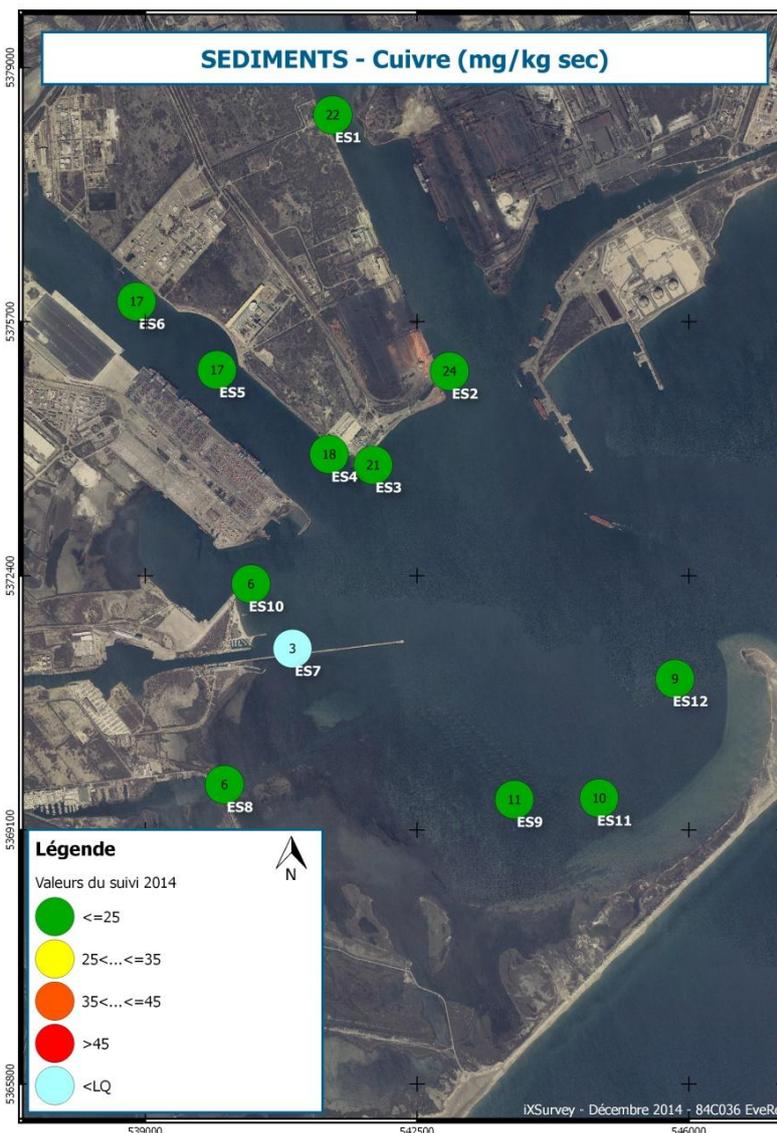


Figure 27 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le cuivre dans les sédiments.

Les teneurs en cuivre sont relativement faibles dans l'ensemble de la zone d'étude. Elles varient de 6 mg/kg sec au minimum au niveau des stations ES10 et ES8 à 24 mg/kg sec au maximum au niveau de la station ES2. D'une façon générale, les valeurs les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 1 et de la Darse 2. Ensuite, la concentration en cuivre est plus faible dans les stations du Sud et de l'Est de l'Anse de Carteau. Et elle diminue encore en se dirigeant vers l'Ouest de l'Anse de Carteau.

Mai 2015

Référence Document iXSurvey : iXSurvey\_EveRe\_SuiviEnvironnemental2014\_RapportFinal\_V3.0

La valeur de chrome de la station ES7 est inférieure à la limite de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 3 mg/kg sec).

#### 4.8.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de cuivre pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de cuivre sur l'ensemble du suivi ; courbe verte : seuil N1 de l'Arrêté de 2006 revu en 2014).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, les teneurs en cuivre ont tendance à être relativement stables au niveau des stations de la Darse 2 (stations ES4, ES5 et ES6), celle de la Darse 1 (station ES1) et celle au niveau de l'Etang de Gloria (station ES10). Les teneurs sont en légère augmentation au niveau de la station ES11. Une hausse beaucoup plus marquée s'observe au niveau des stations ES2 et ES3 avec réciproquement une augmentation de 10 mg/kg sec et 7 mg/kg sec. Les teneurs en cuivre des stations ES9 et ES12 tendent à diminuer légèrement ; alors qu'une baisse très forte se note au niveau des stations ES7 (plus de 13 mg/kg sec) et ES8 (24 mg/kg sec). Malgré ces augmentations et ces diminutions, les valeurs obtenues lors du suivi de 2014 sont proches de la valeur moyenne de l'ensemble des suivis.

Globalement, les niveaux de contamination en cuivre sont relativement stables d'une année sur l'autre au niveau de chacune des stations. Les valeurs moyennes issues de l'ensemble des suivis indiquent une contamination plus élevée dans les Darses. La valeur moyenne issue de l'ensemble des suivis la plus faible se note au niveau du canal St-Antoine (station ES8) avec une valeur moyenne de 8.1 mg/kg sec. Une tendance à la baisse s'observe au niveau des stations de la Darse 1 (stations ES1 et ES2).

Il est important de préciser que le seuil N1 défini par l'Arrêté de 2006 (revu en 2014) fixé à 45 mg/kg sec est dépassé une seule fois au niveau de la station ES1 lors du suivi de 2009 avec une valeur de 56 mg/kg sec.

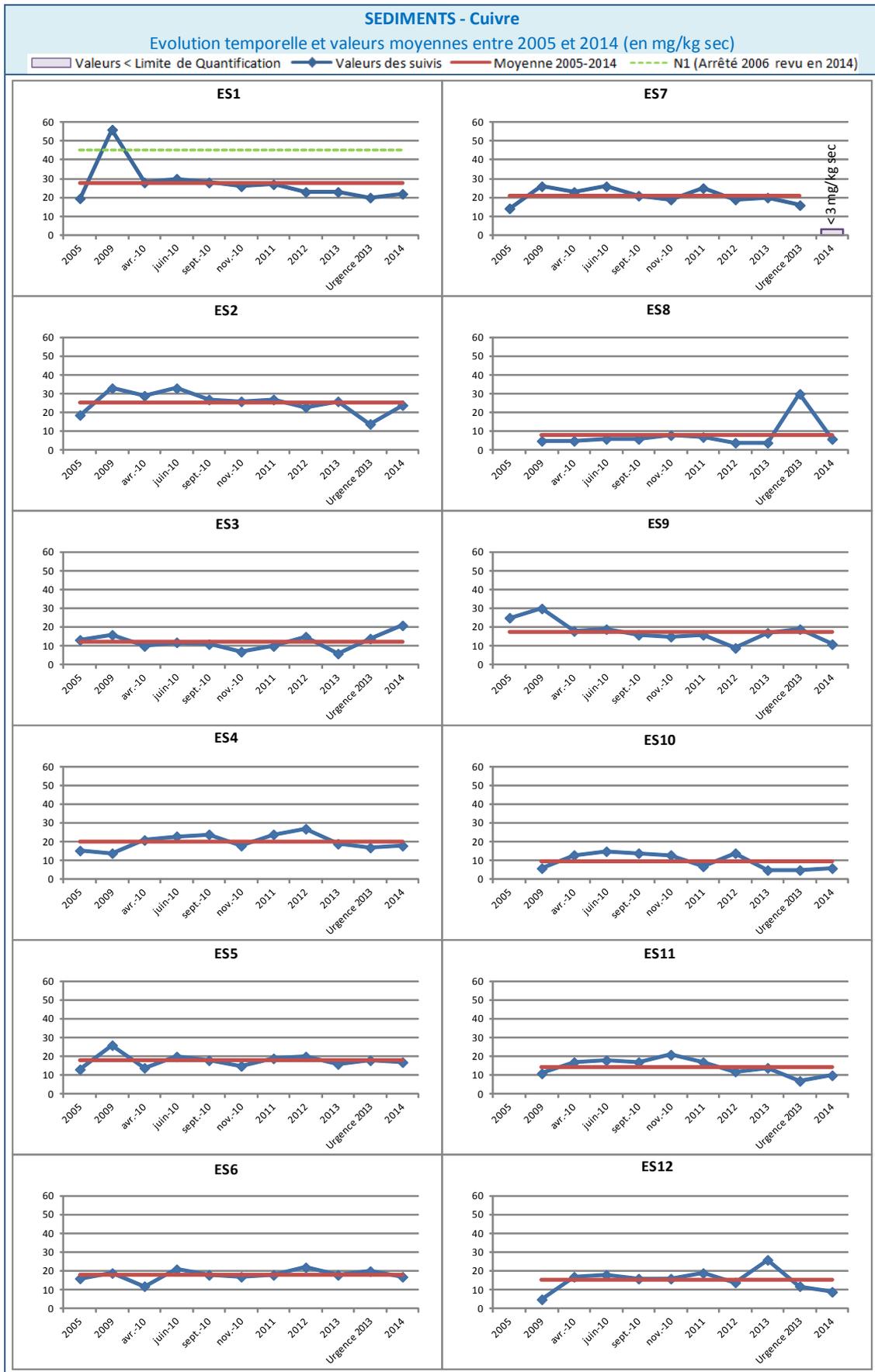


Figure 28 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le cuivre dans les sédiments.

### 4.8.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre le cuivre et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

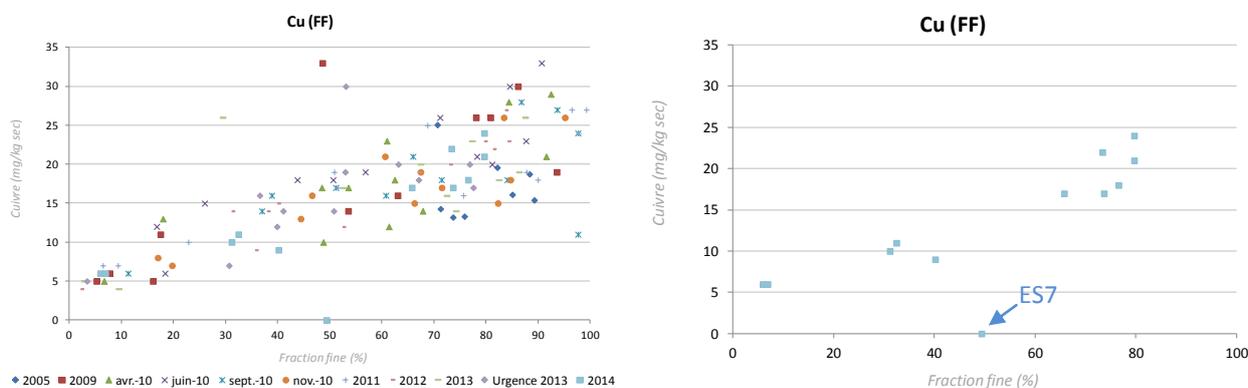


Figure 29 : Normalisation du cuivre par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre le cuivre et l'aluminium (deuxième paramètre de normalisation).

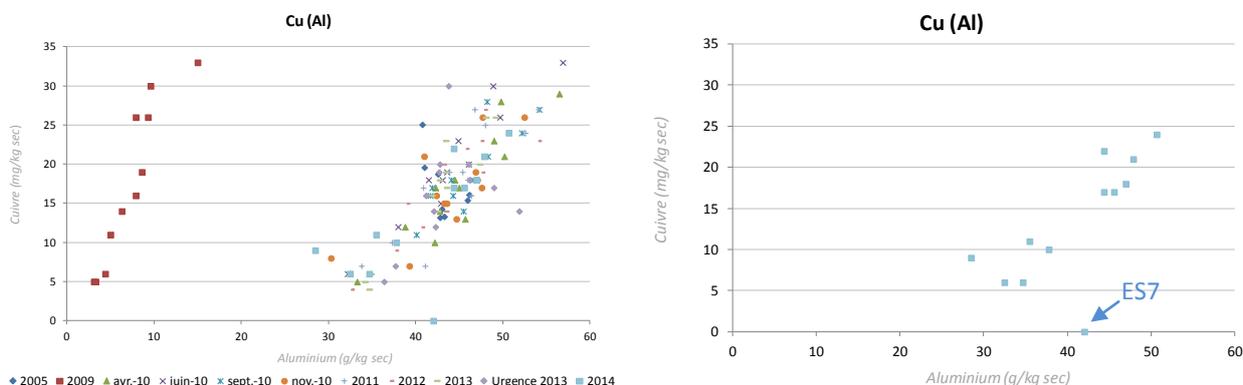


Figure 30 : Normalisation du cuivre par l'aluminium dans les sédiments.

La corrélation entre le cuivre et les deux paramètres de normalisation est fortement marquée, même pour les données de 2009 qui n'ont pas des valeurs du même ordre de grandeur que l'ensemble des données des autres suivis.

La station ES7, ayant une valeur inférieure à la limite de quantification en 2014, se distingue très nettement des autres stations.

## 4.9. MERCURE

### 4.9.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en mercure au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.

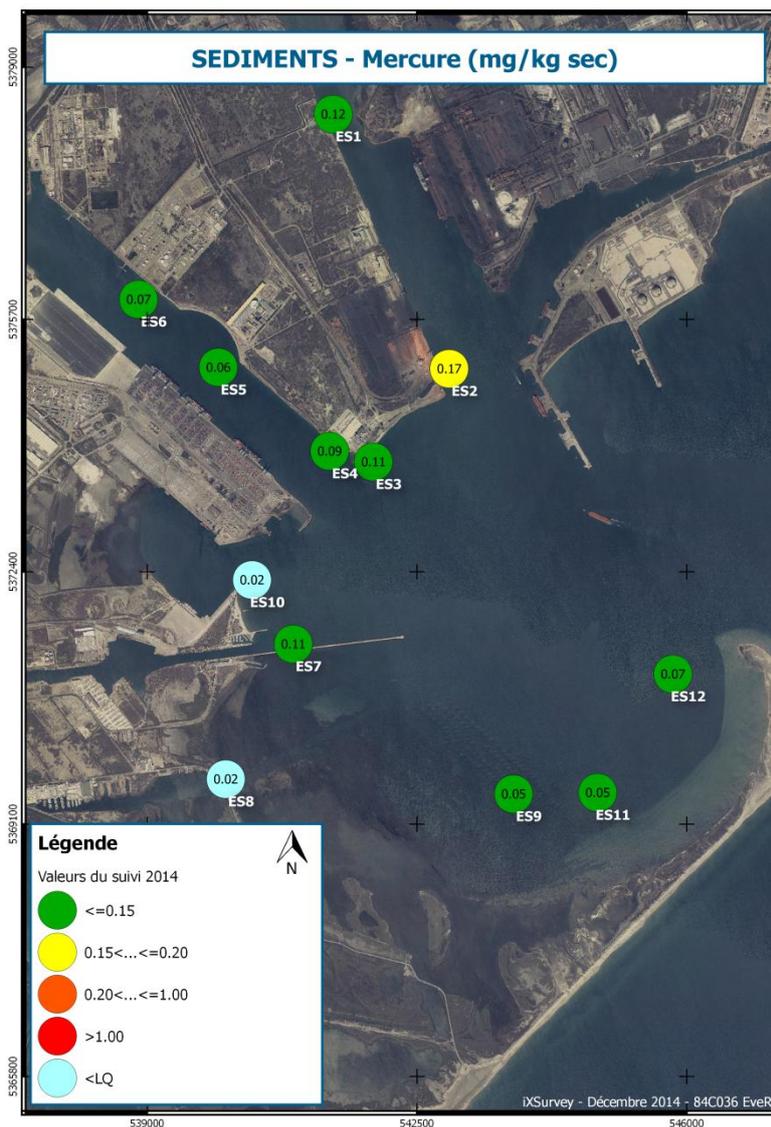


Figure 31 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le mercure dans les sédiments.

Les teneurs en mercure dans les sédiments superficiels de l'ensemble des stations sont voisines des données obtenues lors des suivis précédents. Ces teneurs sont relativement faibles et comprises entre 0.05 mg/kg sec au minimum (stations ES9 et ES11) et 0.17 mg/kg sec au maximum (station ES2).

Les concentrations en mercure s'avèrent plus élevées au niveau de la Darse 1 (stations ES1 et ES2) et des stations ES3 et ES7. Elles sont ensuite semblables que ce soit dans la Darse 2 ou dans l'Anse de

Carteau. La valeur de mercure des stations ES10 et ES8 est inférieure à la limite de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 0.02 mg/kg sec).

#### 4.9.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de mercure pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de mercure sur l'ensemble du suivi).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, les teneurs en mercure au niveau des stations ES5, ES6, ES10 et ES11 sont voisines. Une forte augmentation se note au niveau des stations ES2 et ES4 avec des valeurs passant réciproquement de 0.09 mg/kg sec à 0.17 mg/kg sec et de 0.04 mg/kg sec à 0.09 mg/kg sec. Une légère hausse s'observe au niveau de la station ES3 confirmant une tendance à l'augmentation globale des teneurs en mercure. Une légère augmentation se constate également au niveau de la station ES7, sans pour autant être supérieur à la valeur moyenne de l'ensemble des suivis. Au niveau des stations ES8 et ES9, une diminution relativement importante d'au minimum 0.07 mg/kg sec et de 0.05 mg/kg sec se note réciproquement dans chacune des stations. Une baisse plus faible de 0.01 mg/kg sec s'observe au niveau des stations ES1 et ES12.

Globalement, les teneurs en mercure fluctuent autour de la valeur moyenne de l'ensemble des suivis avec une amplitude plus ou moins importante selon la station. L'amplitude maximale de 0.15 mg/kg sec s'observe au niveau de la station ES9 en comparant la teneur en mercure de 2009 (0.20 mg/kg sec) avec celle de 2012 et de 2014 (0.05 mg/kg sec). Il est important de préciser que cet écart reste exceptionnel et que l'ensemble des données montre des écarts très modérés avec une variation inférieure au mg/kg sec.

Au regard de la valeur moyenne de l'ensemble des suivis, la contamination des sédiments superficiels en mercure semble plus importante au niveau des deux stations de la Darse 1 (stations Es1 et ES2) avec une valeur moyenne proche de 0.15 mg/kg sec.

Il est intéressant de noter que les valeurs moyennes de l'ensemble des suivis pour les stations de la Darse 2 sont parmi des plus faibles avec des valeurs moyennes proches de 0.05

Seule la station ES1 semble suivre une tendance à la hausse avec une augmentation progressive des teneurs en mercure depuis avril 2010.

D'autre part, les valeurs en mercure dans l'ensemble des stations sont inférieures au seuil N1 défini par l'Arrêté de 2006 (revu en 2014) fixé à 0.4 mg/kg sec.

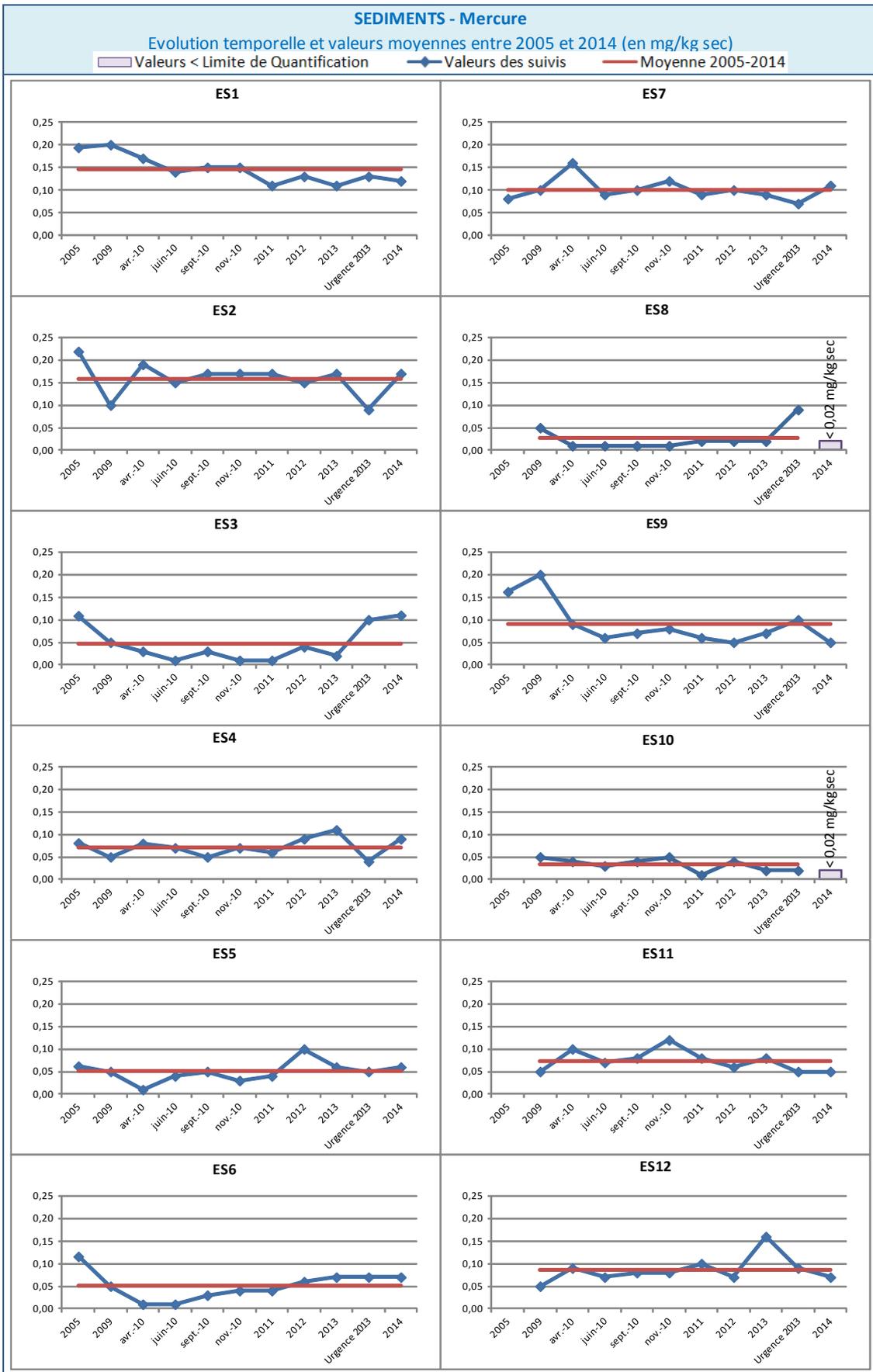


Figure 32 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le mercure dans les sédiments.

### 4.9.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre le mercure et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

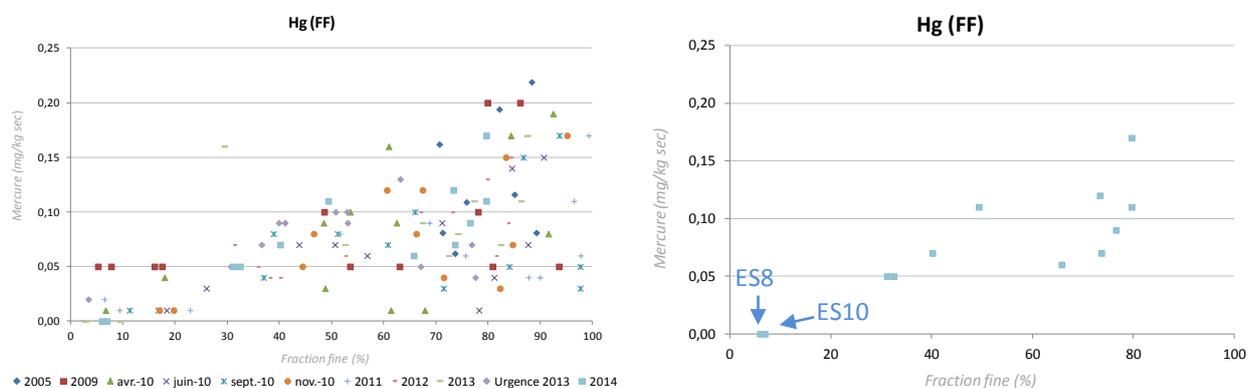


Figure 33 : Normalisation du mercure par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre le mercure et l’aluminium (deuxième paramètre de normalisation).

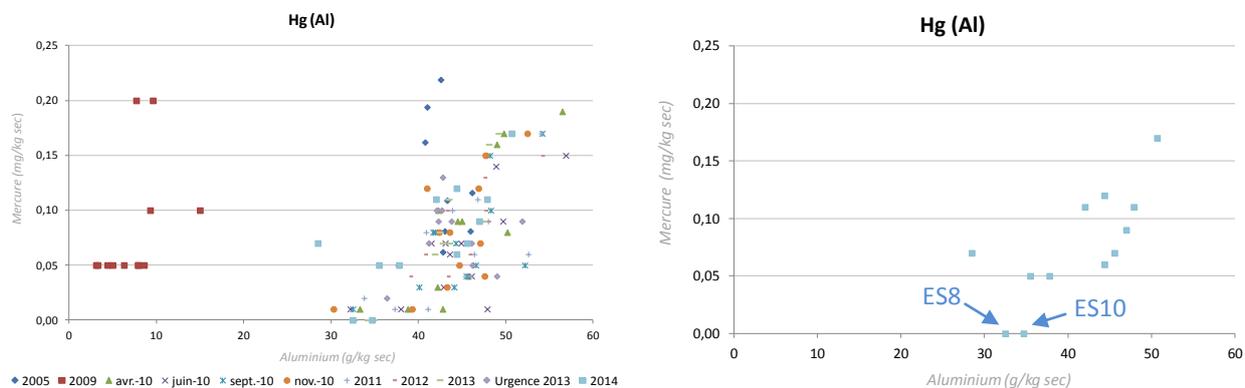


Figure 34 : Normalisation du mercure par l'aluminium dans les sédiments.

La corrélation entre le mercure et la fraction fine est assez bien marquée sur l’ensemble des données des suivis. Toutefois, celle entre les teneurs en mercure et l’aluminium est moins évidente à affirmer aussi bien pour les données issues du suivi de 2014 que pour les données des suivis précédents.

Les stations ES8 et ES10, ayant une valeur inférieure à la limite de quantification en 2014, se distinguent très nettement des autres stations.

## 4.10. NICKEL

### 4.10.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en nickel au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.

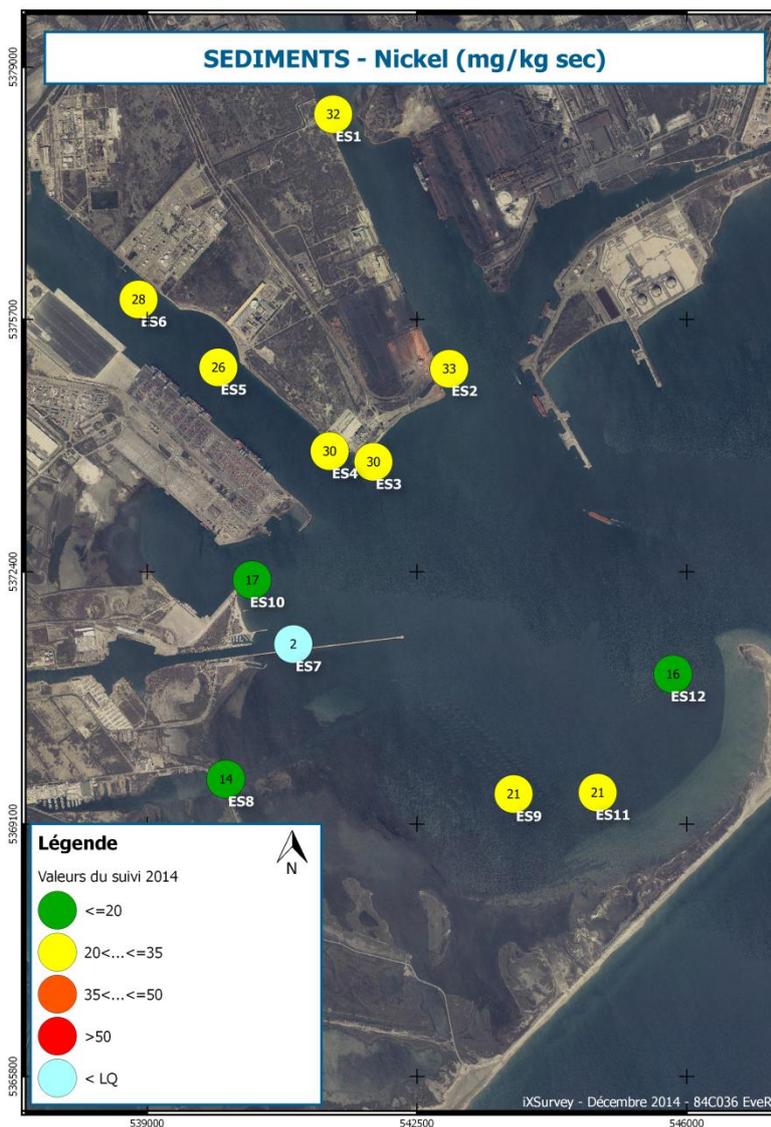


Figure 35 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le nickel dans les sédiments.

Les teneurs en nickel sont faibles à modérées sur l'ensemble de la zone d'étude avec des valeurs comprises entre 14 mg/kg sec au minimum (station ES8) et 33 mg/kg sec au maximum (station ES2). D'une façon générale, les teneurs en nickel les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 1 et de la Darse 2 ; alors que les valeurs les plus faibles, qui sont représentatives du bruit de fond local, se trouvent au niveau des stations de l'Anse de Carteau.

La valeur de nickel de la station ES7 est inférieure à la limite de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 2 mg/kg sec).

#### 4.10.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de nickel pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de nickel sur l'ensemble du suivi).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, la moitié des stations étudiées (stations ES1, ES4, ES5, ES6, ES10 et ES11) ont des teneurs en nickel semblables. Deux stations subissent une légère augmentation des teneurs en nickel dans les sédiments superficiels. La station ES2 voit sa teneur augmenter de 6 mg/kg sec mais se rapproche de la valeur moyenne de l'ensemble des suivis ; alors que la teneur en nickel de la station ES3 augmente de 5 mg/kg sec arrivant à environ 8 mg/kg sec au-dessus de la valeur moyenne de l'ensemble des suivis. D'autre part, les teneurs au niveau des quatre stations restantes (stations ES7, ES8, ES9 et ES12) sont en diminution. La baisse la plus importante se constate au niveau de la station ES7 où la teneur est passée de 23 mg/kg sec à une valeur inférieure à 2 mg/kg sec. Ensuite, au niveau de la station ES8, la teneur en nickel a diminué de 14 mg/kg sec tout en se rapprochant de la valeur moyenne de l'ensemble des suivis. En ce qui concerne les stations ES9 et ES12, la baisse de la teneur en nickel reste relativement faible inférieure à 10 mg/kg sec.

Globalement, les teneurs en nickel sont relativement stables pour l'ensemble des stations de la zone d'étude tout le long du suivi environnemental. Les augmentations ou diminutions brutales notées notamment en 2009 et 2013 semblent être des observations ponctuelles.

Il est important de préciser que les valeurs en nickel dans l'ensemble des stations sont inférieurs au seuil N1 défini par l'Arrêté de 2006 (revu en 2014) fixé à 37 mg/kg sec.

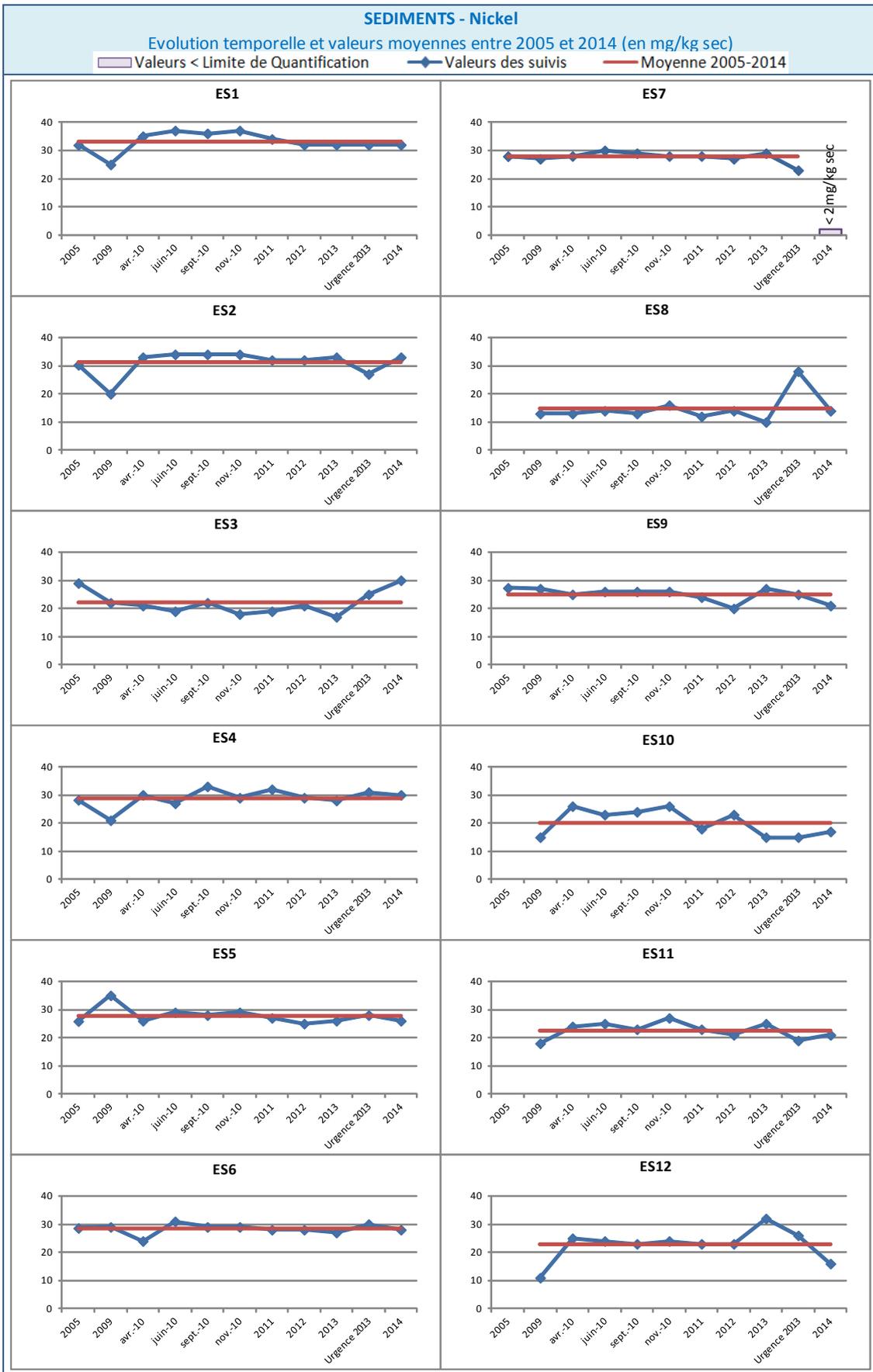


Figure 36 : Résultats des données issues depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le nickel dans les sédiments.

### 4.10.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre le nickel et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

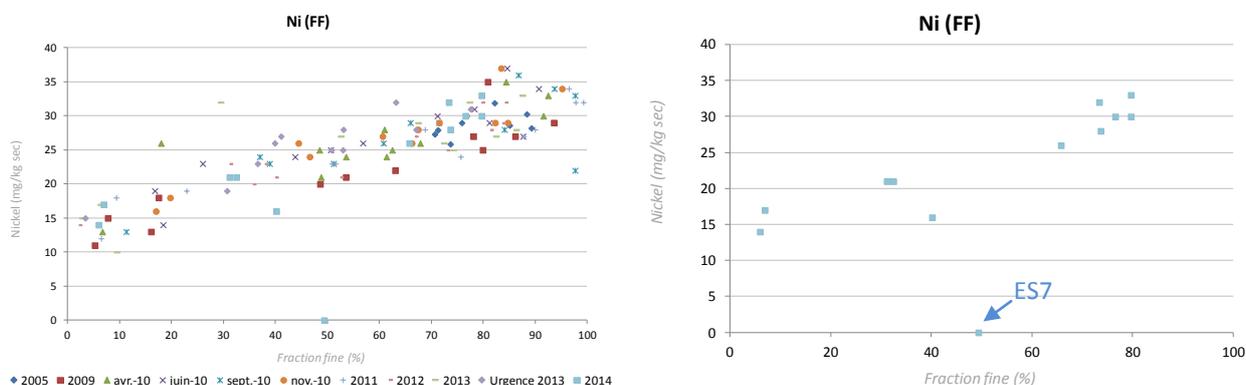


Figure 37 : Normalisation du nickel par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre le nickel et l’aluminium (deuxième paramètre de normalisation).

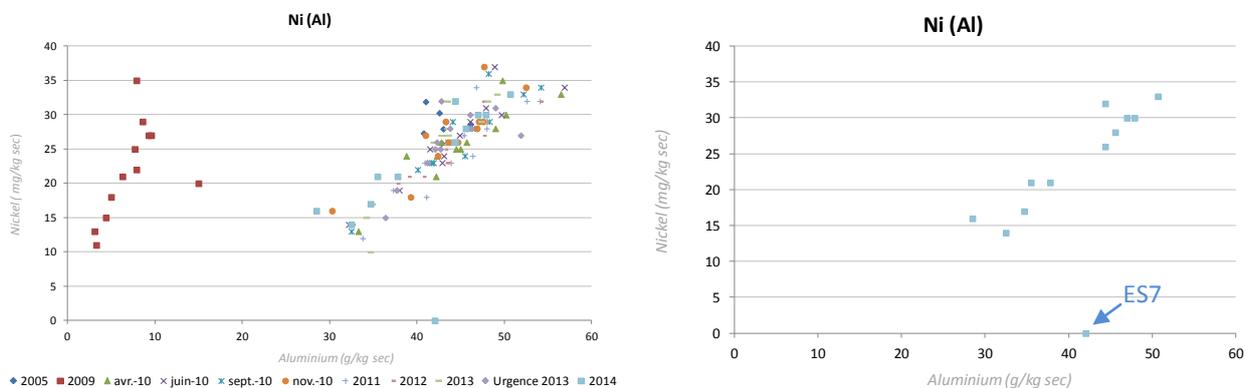


Figure 38 : Normalisation du nickel par l'aluminium dans les sédiments.

La corrélation entre le nickel et les deux paramètres de normalisation apparaît clairement aussi bien pour les données issues du suivi de 2014 que pour les données des suivis précédents.

La station ES7, ayant une valeur inférieure à la limite de quantification en 2014, se distingue très nettement des autres stations.

## 4.11. PLOMB

### 4.11.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en plomb au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.

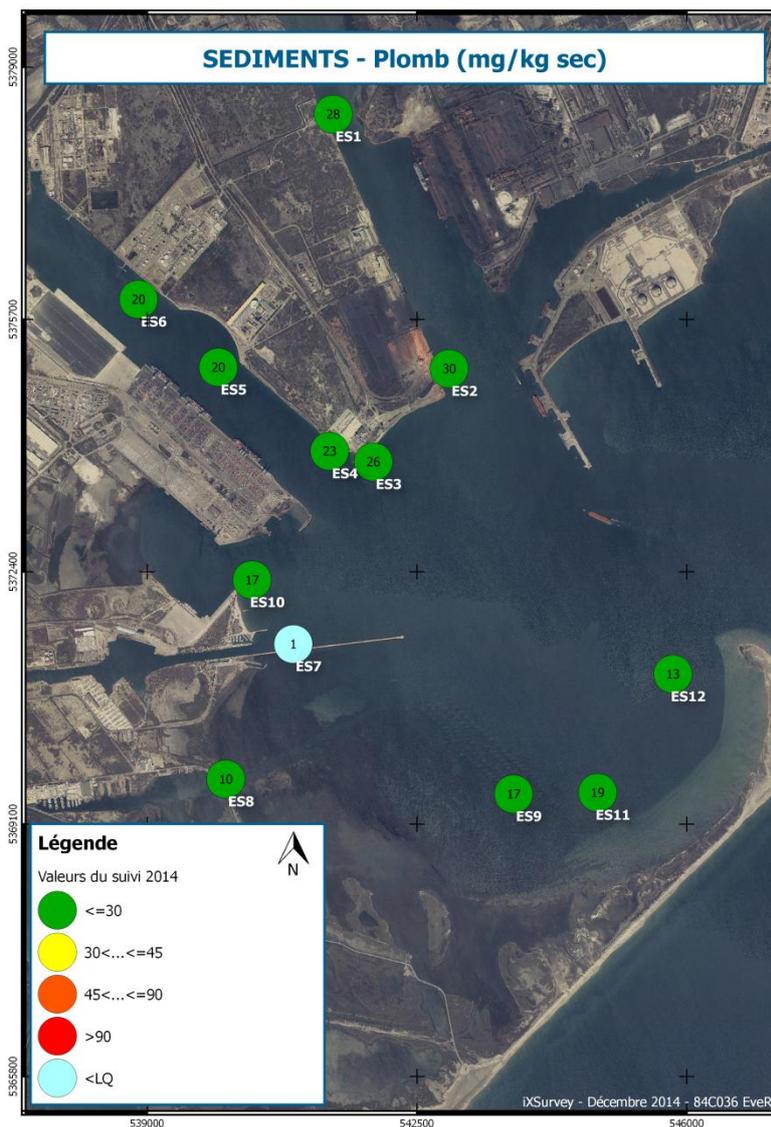


Figure 39 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le plomb dans les sédiments.

L'ensemble des teneurs en plomb est relativement faible sur l'ensemble de la zone d'étude et varie de 10 mg/kg sec au minimum (station ES8) à 30 mg/kg sec au maximum (station ES2). D'une façon générale, les teneurs en plomb les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 1 et de la Darse 2 avec des valeurs supérieures ou égales à 20 mg/kg sec; alors que les valeurs les plus faibles, inférieures à 20 mg/kg sec, se trouvent au niveau des stations de l'Anse de Carteau.

La valeur de plomb de la station ES7 est inférieure à la limite de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 1 mg/kg sec).

#### 4.11.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de plomb pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de plomb sur l'ensemble du suivi).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, les teneurs en plomb ont tendance à être relativement stables au niveau des stations de la Darse 2 (stations ES4, ES5 et ES6) et de la station ES1 de la Darse 1.

Une hausse légère des teneurs en plomb, d'une valeur moyenne de 6 mg/kg sec s'observe au niveau des stations ES2, ES3, ES10 et ES11. Seule la teneur au niveau de la station ES3 est supérieure à la valeur moyenne de l'ensemble des suivis d'environ 7 mg/kg sec.

Une très forte diminution des teneurs en plomb se constate au niveau de la station ES7 passant d'une valeur de 28.2 mg/kg sec lors du suivi d'urgence 2013 à une valeur inférieure à 1 mg/kg sec lors du suivi de 2014. Une diminution également assez forte s'observe au niveau de la station ES8 avec une baisse de 15 mg/kg sec de la teneur en plomb dans les sédiments superficiels. Une légère baisse, de 7 mg/kg sec et 9 mg/kg sec, se note réciproquement au niveau des stations ES9 et ES12.

Globalement, les niveaux de contamination en plomb fluctuent d'une année sur l'autre au niveau de chacune des stations avec une amplitude relativement faible, notamment pour les stations de la Darse 2 (stations ES4, ES5 et ES6). Les valeurs moyennes issues de l'ensemble des suivis indiquent une contamination plus élevée dans la Darse 1 (stations ES1 et ES2) et au niveau du canal St-Antoine (station ES8).

Les teneurs en plomb de la station ES1 semblent montrer une diminution progressive de la concentration en plomb depuis avril 2010.

Il est important de préciser que les valeurs en plomb dans l'ensemble des stations sont inférieures au seuil N1 défini par l'Arrêté de 2006 (revu en 2014) fixé à 100 mg/kg sec.

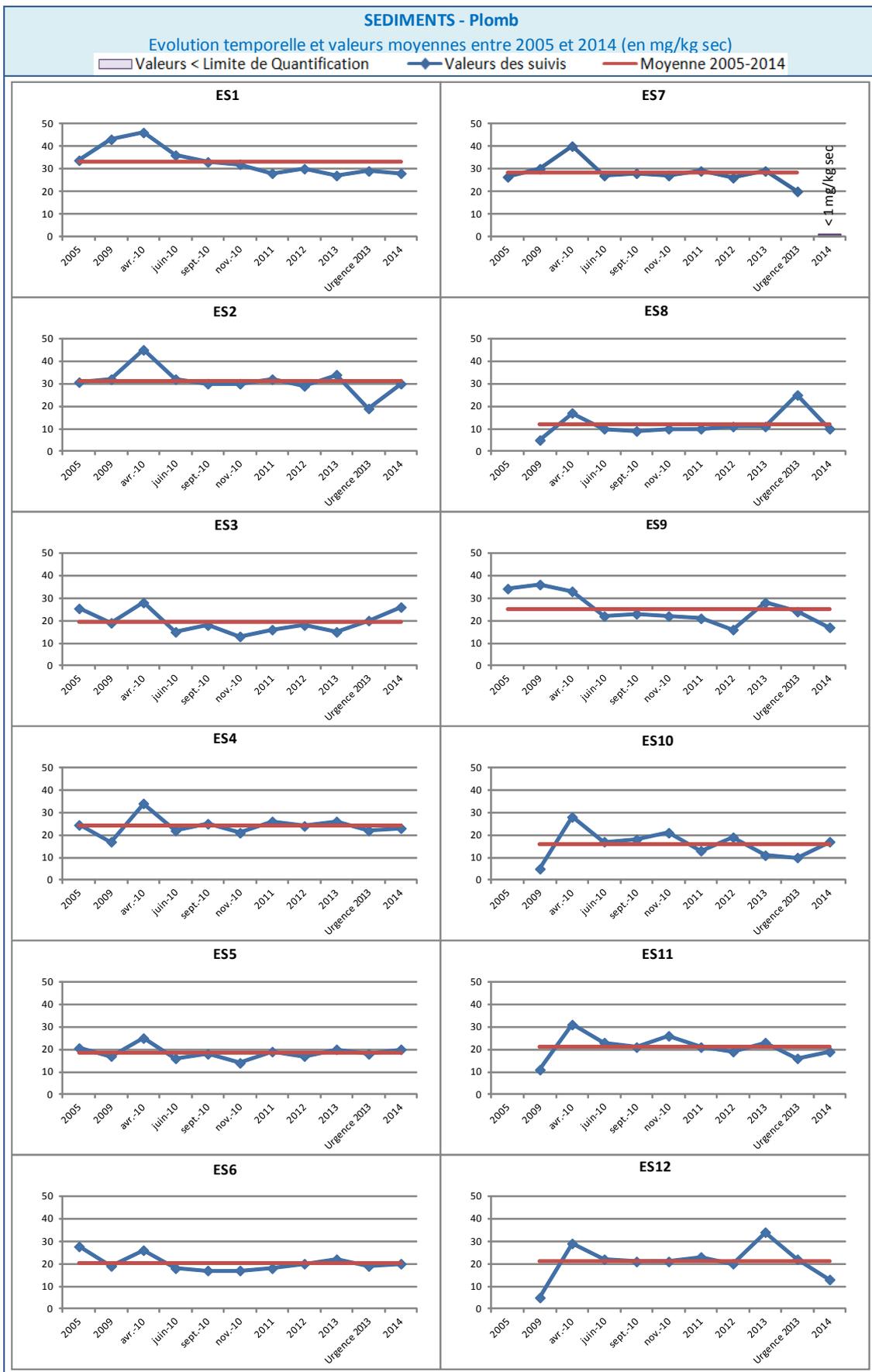


Figure 40 : Résultats des données issues depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le plomb dans les sédiments.

### 4.11.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre le plomb et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

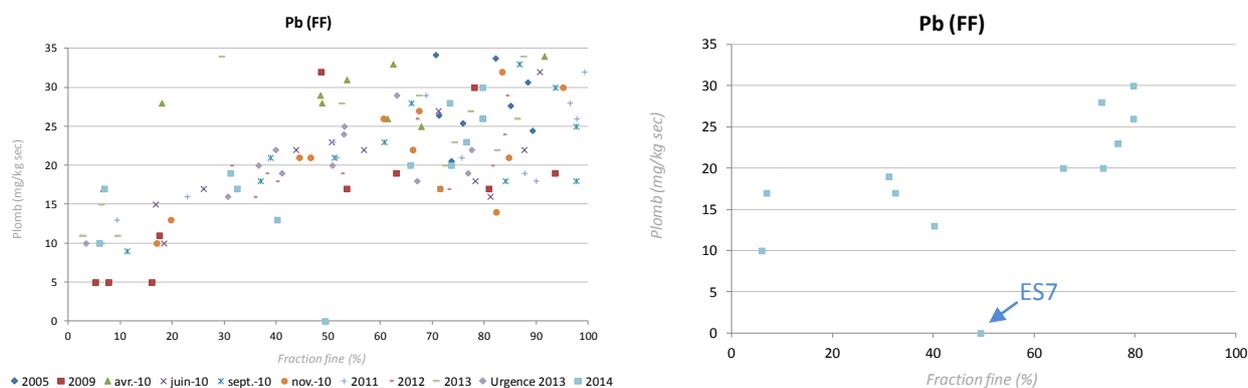


Figure 41 : Normalisation du plomb par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre le plomb et l'aluminium (deuxième paramètre de normalisation).

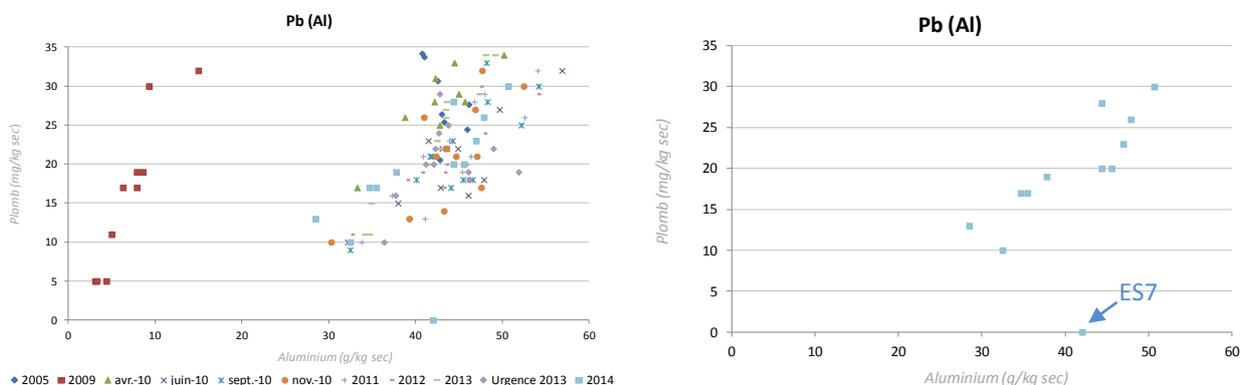


Figure 42 : Normalisation du plomb par l'aluminium dans les sédiments.

La normalisation des teneurs en plomb issues aussi bien du suivi de 2014 que des suivis précédents montre une corrélation bien marquée du plomb avec les deux paramètres de normalisation. En effet, les teneurs en plomb les plus élevées sont majoritairement associées aux valeurs en fraction fine et aluminium les plus élevées.

La station ES7, ayant une valeur inférieure à la limite de quantification en 2014, se distingue très nettement des autres stations.

## 4.12. ZINC

### 4.12.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en zinc au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.

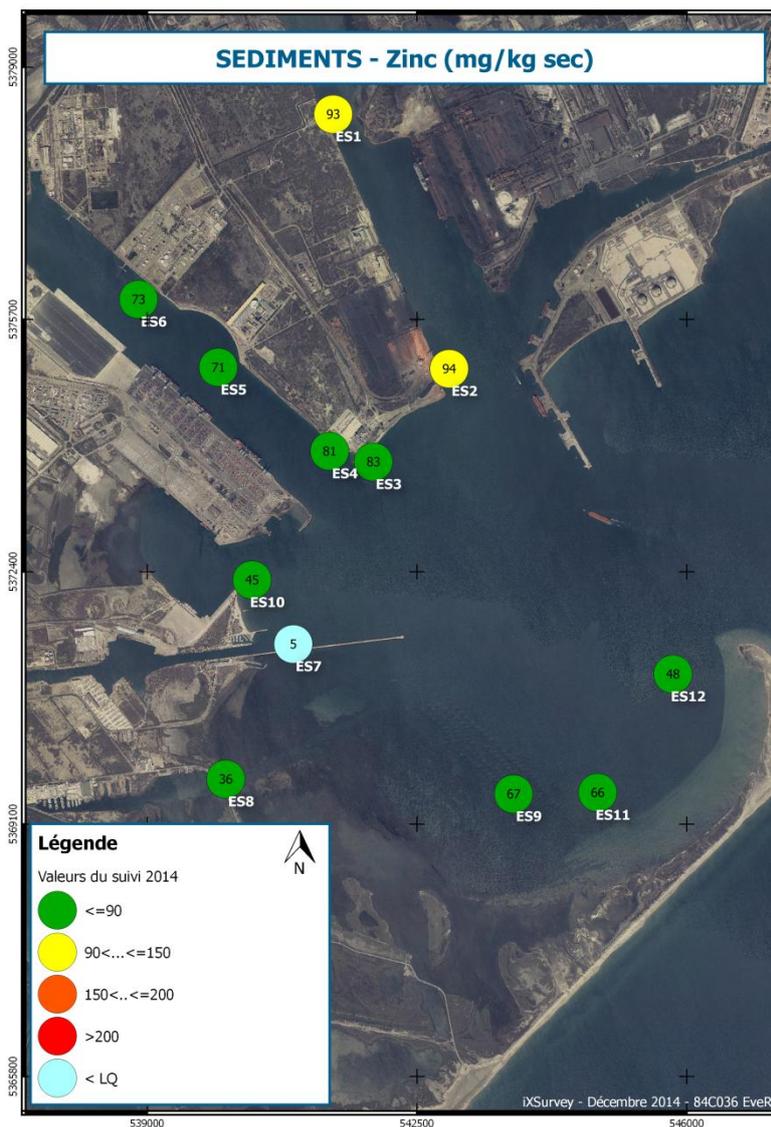


Figure 43 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le zinc dans les sédiments.

L'ensemble des teneurs en zinc sont faible à modéré sur l'ensemble de la zone d'étude et varie de 94 mg/kg sec au maximum (station ES2) à 36 mg/kg sec au minimum (station ES8). D'une façon générale, les teneurs en zinc les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 1 et de la Darse 2 avec des valeurs supérieures ou égales à 70 mg/kg sec; alors que les valeurs les plus faibles, inférieures à 70 mg/kg sec, se trouvent au niveau des stations de l'Anse de Carteau.

La valeur de zinc de la station ES7 est inférieure à la limite de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 5 mg/kg sec).

#### 4.12.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de zinc pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de zinc sur l'ensemble du suivi).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, la concentration en zinc a tendance à être relativement stable au niveau de six stations sur douze. En effet, les valeurs obtenues lors du suivi de 2014 sont similaires à celles issues du suivi d'urgence de 2013 au niveau des stations de la Darse 2 (stations ES4, ES5 et ES6), de la station ES1 de la Darse 1 et des stations ES10 et ES11.

Une hausse relativement importante des teneurs en zinc dans les sédiments superficiels s'observe au niveau des stations ES2 et ES3 avec une augmentation respective de 27 mg/kg sec et 18 mg/kg sec.

Les teneurs des deux stations localisées au Sud-Ouest de l'Anse de Carteau subissent une très forte diminution. En effet, au niveau de la station ES7, les teneurs en zinc passent d'une valeur de 73 mg/kg sec lors du suivi d'urgence 2013 à une valeur inférieure à 5 mg/kg sec lors du suivi de 2014. La station ES8 montre également une forte baisse de la concentration en zinc avec une valeur passant de 109 mg/kg sec lors du suivi d'urgence 2013 à 36 mg/kg sec lors du suivi de 2014.

Une diminution, mais cette fois-ci plus légère, se constate au niveau des stations ES9 et ES12 avec une baisse d'environ 20 mg/kg sec de la teneur en zinc dans chacune des stations.

Globalement, les niveaux de contamination en zinc sont relativement stables d'une année à l'autre au niveau de chacune des stations avec une amplitude faible entre les valeurs extrêmes. Au regard des valeurs moyennes de l'ensemble des suivis, la contamination des sédiments semble être plus faible au niveau de la station située à la sortie du canal St-Antoine (station ES8).

Il est important de préciser que les teneurs en zinc dans l'ensemble des stations sont inférieures au seuil N1 défini par l'Arrêté de 2006 (revu en 2014) fixé à 276 mg/kg sec.



Figure 44 : Résultats des données issues depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le zinc dans les sédiments.

### 4.12.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre le zinc et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

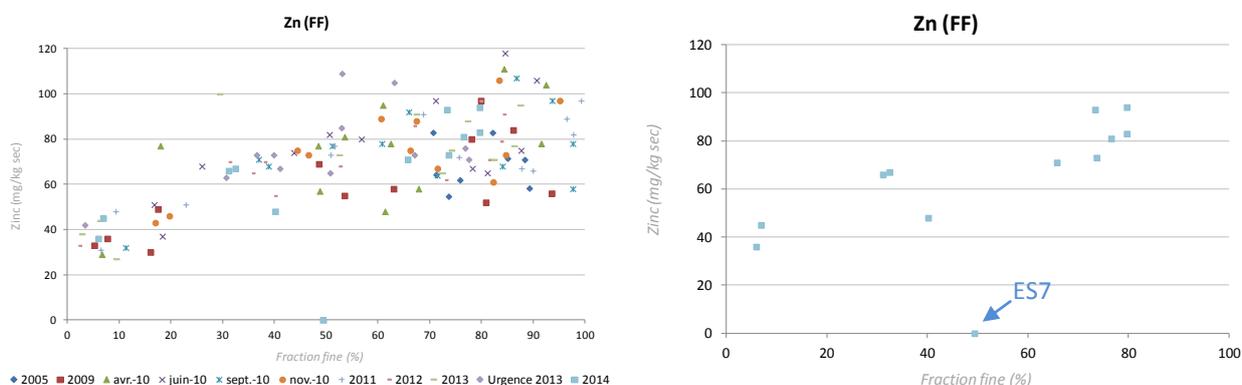


Figure 45 : Normalisation du zinc par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre le plomb et l’aluminium (deuxième paramètre de normalisation).

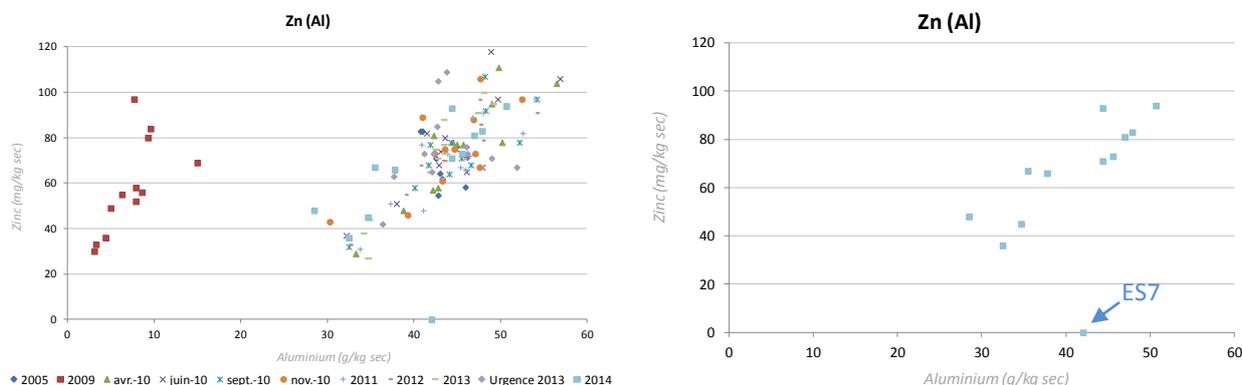


Figure 46 : Normalisation du zinc par l’aluminium dans les sédiments.

La corrélation entre le zinc et les deux paramètres de normalisation est marquée, même pour les données de 2009 qui n’ont pas des valeurs du même ordre de grandeur que l’ensemble des données des autres suivis au regard du graphique de normalisation par l’aluminium.

La station ES7, ayant une valeur inférieure à la limite de quantification en 2014, se distingue très nettement des autres stations.

## 4.13. DIOXINES ET FURANNES

### 4.13.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en PCDD'F (somme des 17 congénères de PCDD et PCDF) au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.



Figure 47 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour les PCDD'F dans les sédiments.

L'ensemble des teneurs en PCDD'F est très hétérogène sur l'intégralité de la zone d'étude et varie de 12 pg/kg sec au minimum (station ES1) à 966 pg/kg sec au maximum (station ES12). D'une façon générale, les teneurs en PCDD'F les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 2 et certaines stations du Golfe de Fos; alors que les valeurs les plus faibles se trouvent au niveau des stations de l'Anse de Carteau et au Nord de la Darse 1.

#### 4.13.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données des PCDD'F pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne des PCDD'F sur l'ensemble du suivi).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, la concentration en furannes et dioxines a tendance à fluctuer davantage au niveau des stations de la Darse 1 et celle à l'Est de l'Anse de Carteau.

Une diminution très importante des PCDD'F dans les sédiments superficiels s'observe au niveau des stations ES1 et ES12 avec une baisse réciproque de 1695 pg/kg sec et 1367 pg/kg sec. Cette diminution brutale en ES1 semble être non significative, un problème analytique peut potentiellement en être la cause.

Une diminution relativement faible aux alentours de 300-400 pg/kg sec se note au niveau des stations ES2, ES6, ES8 et ES9.

L'ensemble des autres stations ont des valeurs similaires entre le suivi d'urgence de 2013. Une légère augmentation se note pour les stations ES3 et ES4 avec une hausse réciproque de 377 pg/kg sec et de 301 pg/kg sec.

Globalement, les niveaux de contamination en dioxines et furannes sont relativement stables d'une année sur l'autre pour plus de la moitié des stations. L'écart maximal s'observe au niveau de la station ES1, avec un écart de 3036 pg/kg sec, soit 3.04 pg/kg sec entre la teneur mesurée en septembre 2010 et 2014. Il est important de garder à l'esprit que ces variations sont étudiées à l'échelle du picogramme, ce qui est très faible. Au regard des valeurs moyennes de l'ensemble des suivis, la contamination des sédiments superficiels en dioxines et furannes semble plus fort au niveau des deux stations de la Darse 1 (stations ES1 et ES2).

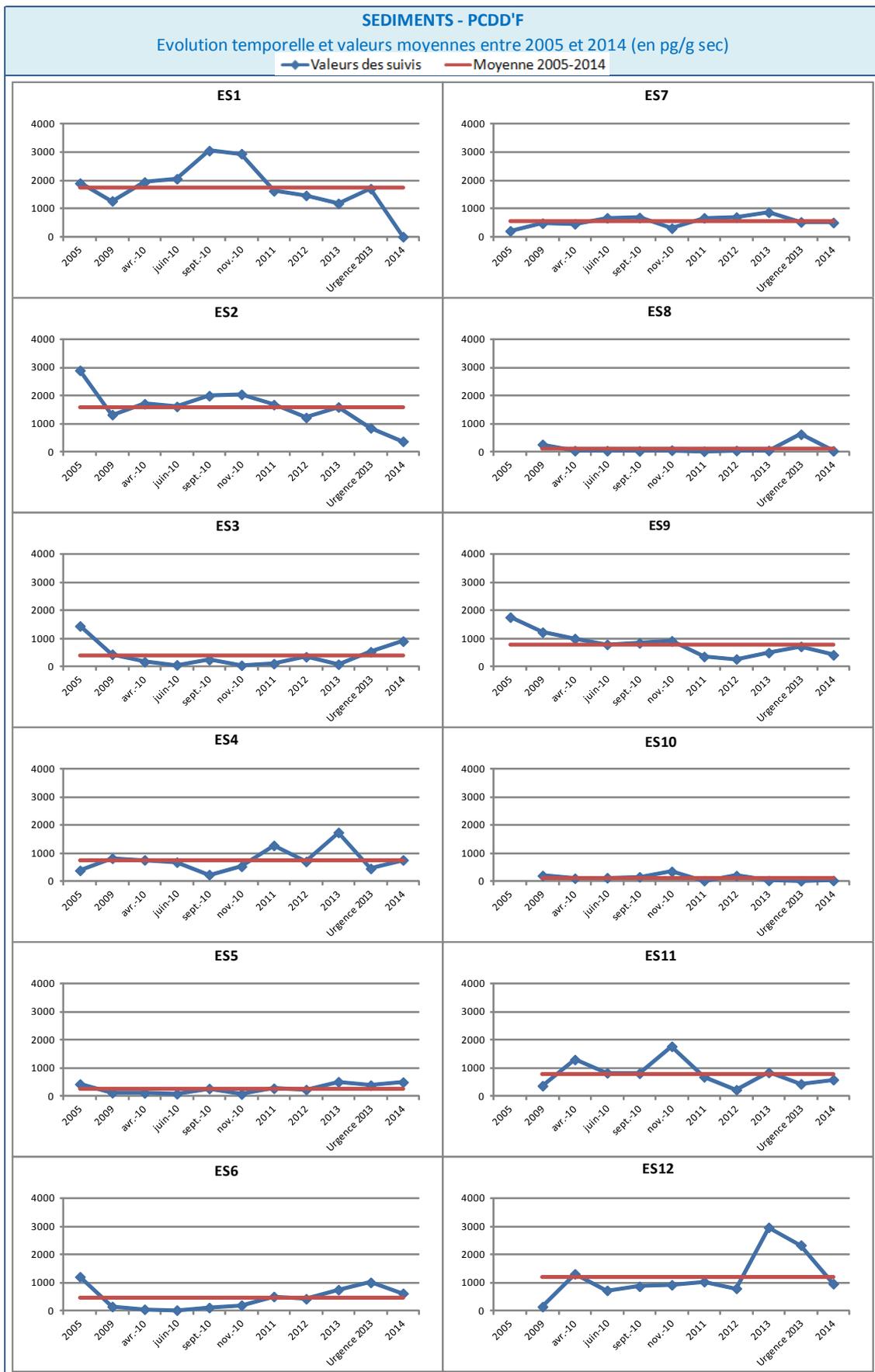


Figure 48 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCDD'F dans les sédiments.

### 4.13.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre les PCDD’F et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

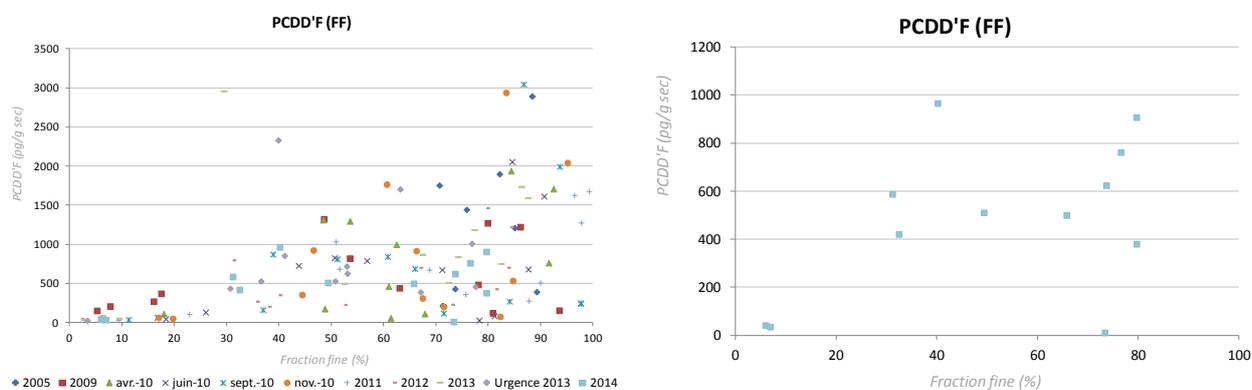


Figure 49 : Normalisation des PCDD’F par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre les PCDD’F et l’aluminium (deuxième paramètre de normalisation).

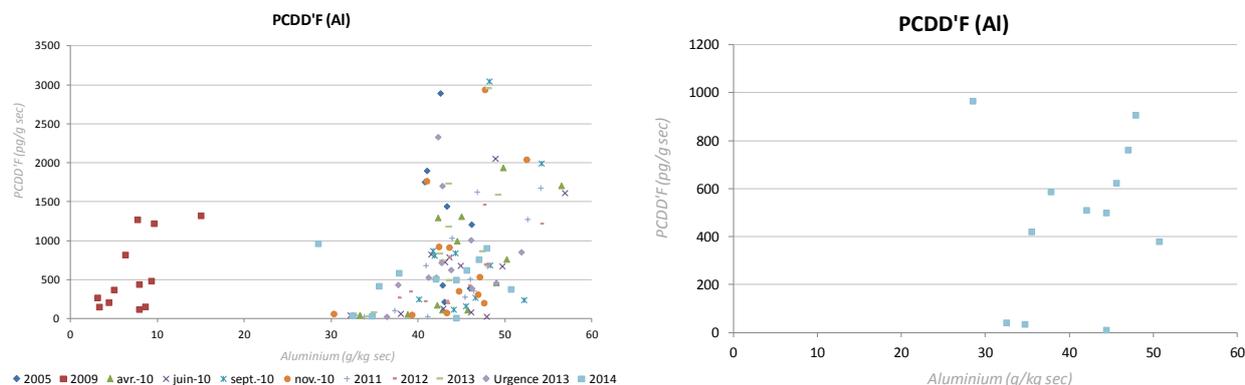


Figure 50 : Normalisation des PCDD’F par l’aluminium dans les sédiments.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre les PCDD’F et les deux paramètres de normalisation au regard des données de l’ensemble des suivis.

## 4.14. PCB INDICATEURS

### 4.14.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en PCB indicateurs au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.

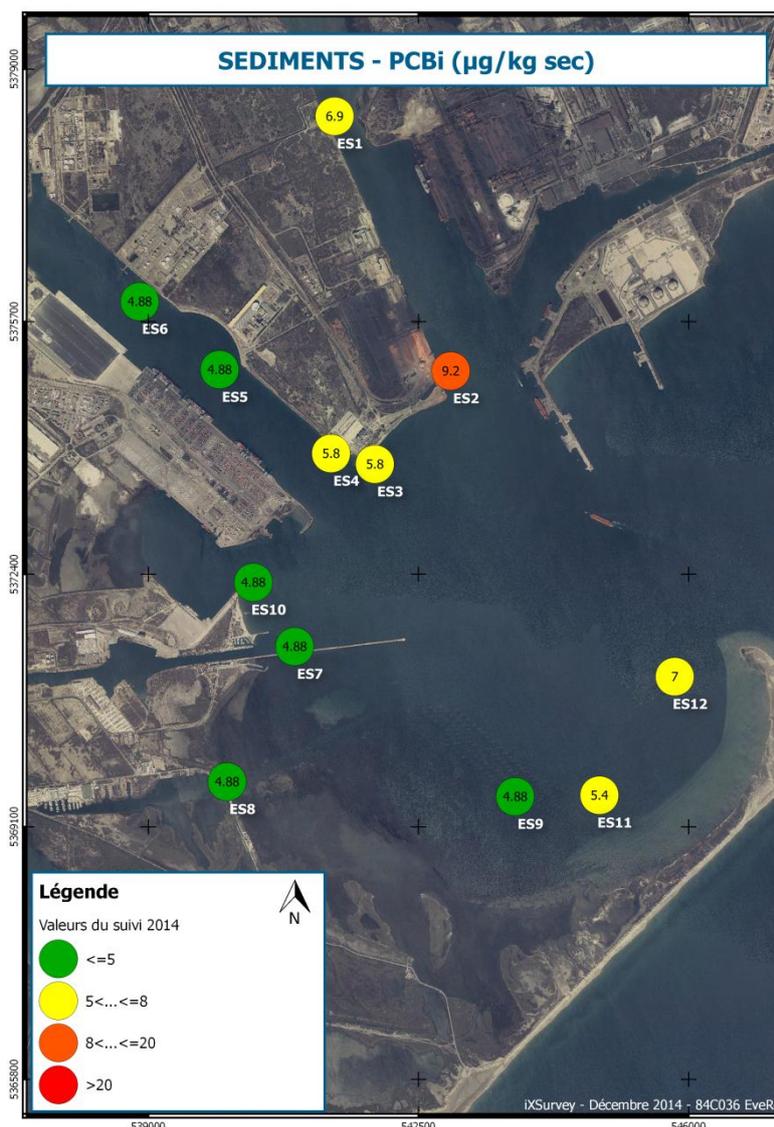


Figure 51 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour les PCB indicateurs dans les sédiments.

L'ensemble des teneurs en PCBi est relativement faible sur la zone d'étude. En effet, sur sept types de PCB indicateurs analysés, les teneurs de quatre d'entre eux se retrouvent de façon systématique pour chacune des stations inférieures ou égales à la limite de quantification (1 µg/kg sec). De plus, sur les neuf stations étudiées, les valeurs de tous les PCB indicateurs de six d'entre elles sont inférieures à la limite de quantification définie par le laboratoire d'analyse. Afin de ne pas assimiler ces PCBi à une teneur nulle, la valeur de 4.88 µg/kg sec leur a été affectée (selon la formule des suivis précédents PCB totaux = (PCB's 118+138+153+180)/0,41)).

Les teneurs en PCBi varient de 4.88 µg/kg sec au minimum (stations ES5 à ES10) à 9.2 µg/kg sec au maximum (station ES2). D'une façon générale, les teneurs en PCBi les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 1 et celles situées au Nord et à l'Est de l'Anse de Carteau; alors que les

valeurs les plus faibles se trouvent au niveau des stations de la Darse 2 (stations ES5 et ES6) et celles localisées à l'Ouest de l'Anse de Carteau.

#### 4.14.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données des PCB<sub>i</sub> pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne des PCB<sub>i</sub> sur l'ensemble du suivi).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, la concentration en PCB indicateurs est relativement stable sur huit stations (stations ES3, ES4, ES5, ES6, ES7, ES8, ES9 et ES10) sur les douze analysées.

Uniquement des diminutions, plus ou moins importantes, se notent au niveau de l'ensemble de ces huit stations. Les baisses de teneur en PCB<sub>i</sub> les plus importantes se constatent au niveau des stations de la Darse 1 (stations ES1 et ES2) et celles situées à l'Est de l'Anse de Carteau (stations ES7 et ES8). L'écart entre les données du suivi d'urgence de 2013 et celui de 2014 de la station ES2 est le plus fort, avec une valeur de 4.80 µg/kg sec.

La teneur en PCB<sub>i</sub> des quatre autres stations diminue légèrement avec un écart compris entre 0 µg/kg sec et 2.12 µg/kg sec.

Les PCB indicateurs ne sont étudiés que depuis la campagne de suivi de 2012 dans la matrice « sédiment ». De ce fait, le peu de données collectées ne permet pas l'interprétation d'éventuelle tendance. Toutefois, les niveaux de contamination en PCB<sub>i</sub> sont très stables d'une année à l'autre pour huit stations (stations ES3, ES4, ES5, ES6, ES7, ES8, ES9 et ES10). La plus forte variation s'observe au niveau de la station ES12 avec un écart de 24.46 µg/kg sec entre la teneur mesurée lors du suivi de 2013 et celle lors du suivi d'urgence 2013 et 2014. Au regard des valeurs moyennes de l'ensemble des suivis, la contamination en PCB<sub>i</sub> dans les sédiments marins superficiels semble être plus importante au niveau des deux stations de la Darse 1 (stations ES1 et ES2).

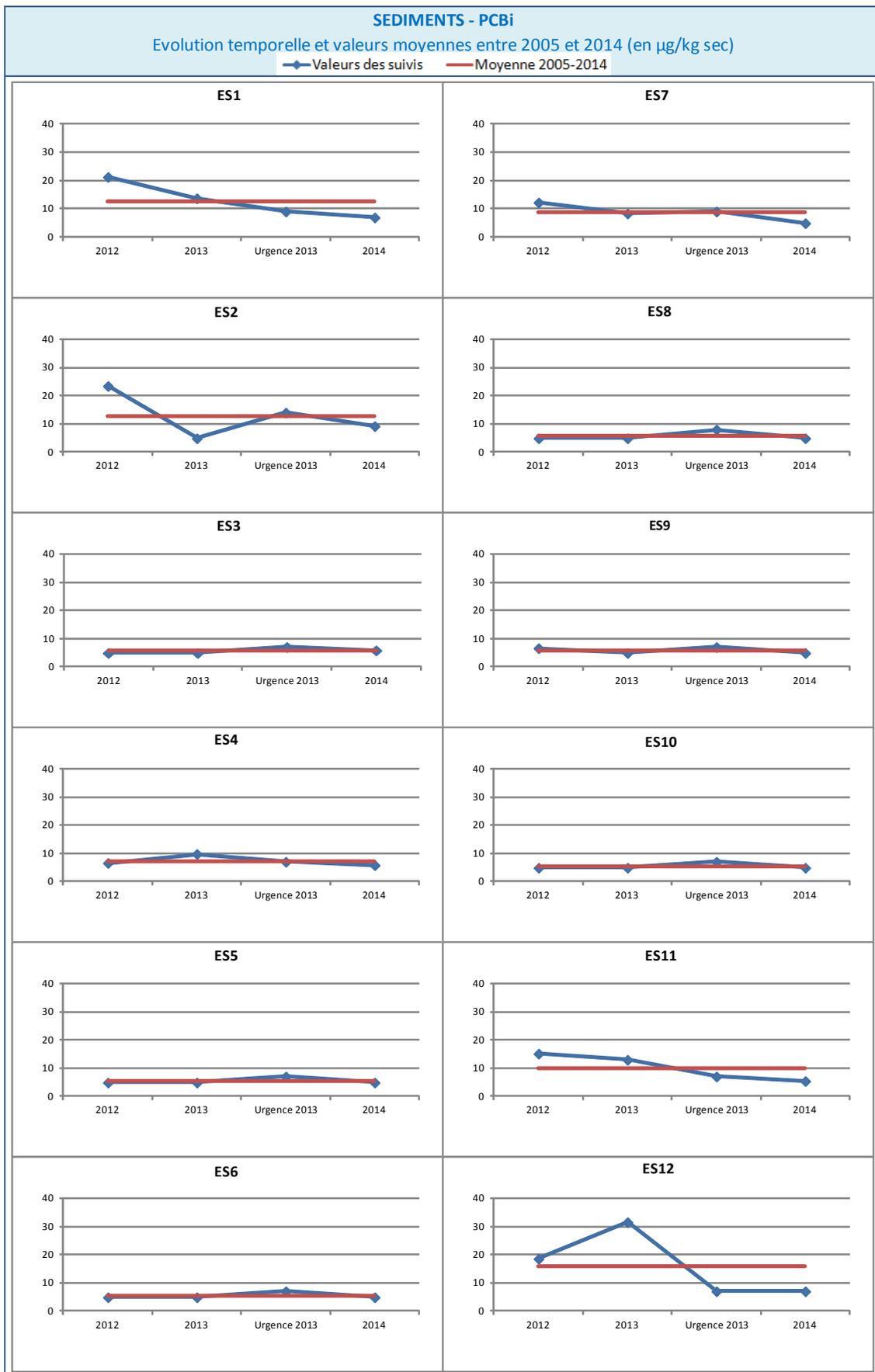


Figure 52 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCB indicateurs dans les sédiments.

### 4.14.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre les PCB indicateurs et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

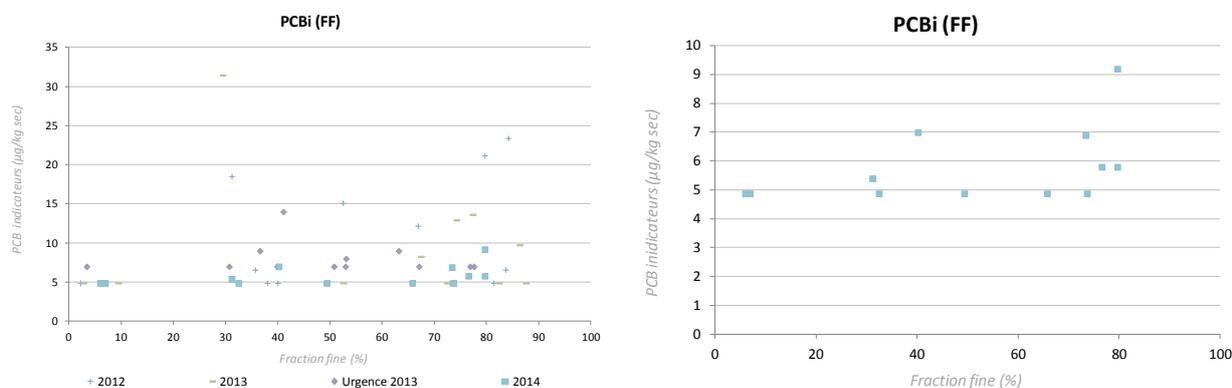


Figure 53 : Normalisation des PCB indicateurs par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre les PCB indicateurs et l'aluminium (deuxième paramètre de normalisation).

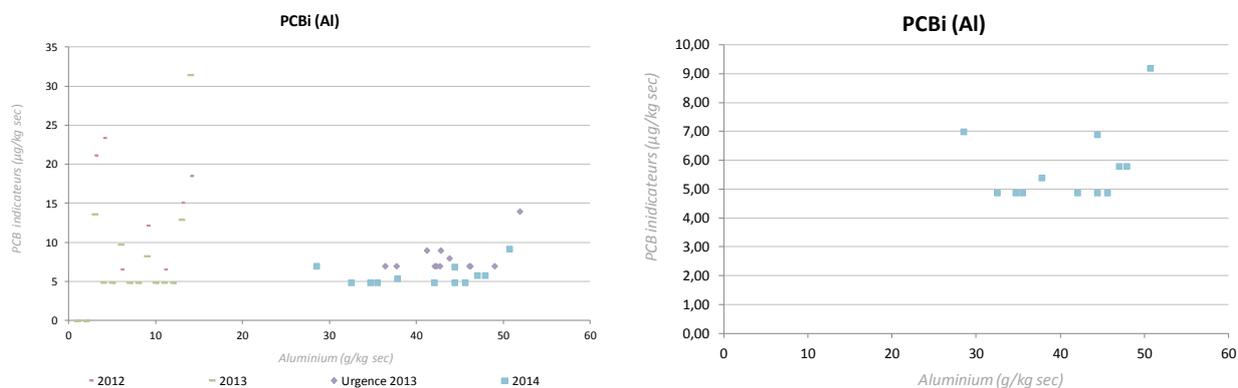


Figure 54 : Normalisation des PCB indicateurs par l'aluminium dans les sédiments.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre les PCB indicateurs et les deux paramètres de normalisation au regard des données de l'ensemble des suivis.

## 4.15. PCB-DL

### 4.15.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en PCB-DL au niveau des douze stations de prélèvement de sédiments obtenues lors du suivi 2014.



Figure 55 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour les PCB-DL dans les sédiments.

L'ensemble des teneurs en PCB-DL est très hétérogène sur l'ensemble de la zone d'étude et varie de 86 pg/kg sec au minimum (station ES10) à 2299 pg/kg sec au maximum (station ES12). D'une façon générale, les teneurs en PCB-DL les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 1, du Nord et de l'Est de l'Anse de Carteau ; alors que les valeurs les plus faibles se trouvent au niveau de la station de l'étang de Gloria, et des stations à l'Est et au Sud de l'Anse de Carteau.

#### 4.15.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données des PCB-DL pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne des PCB-DL sur l'ensemble du suivi).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, la concentration en PCB-DL a tendance à fluctuer davantage au niveau des stations du Sud de l'Anse de Carteau (stations ES8 et ES9).

Des baisses de teneurs en PCB-DL se notent au niveau des stations du Sud de l'Anse de Carteau (stations ES8, ES9, ES11 et ES12) ainsi qu'au niveau de la station ES1 de la Darse 1. La diminution la plus importante s'observe au niveau de la station ES8 passant d'une valeur de 1376 pg/kg sec lors du suivi d'urgence de 2013 à 104 pg/kg sec lors du suivi de 2014, soit un écart de 1271 pg/kg sec. La baisse de teneur au niveau des trois autres stations est de 249 pg/kg sec pour la station ES1, 809 pg/kg sec pour la station ES9, 389 pg/kg sec pour la station ES11 et 632 pg/kg sec pour la station ES12.

Les teneurs en PCB-DL des stations localisées les plus au Sud des Darses (stations ES2, ES3 et ES4) se voit légèrement diminuées.

L'ensemble des autres stations a des valeurs similaires entre le suivi d'urgence de 2013 et celui du suivi de 2014.

Globalement, les niveaux de contamination en PCB-DL montrent une grande variabilité spatiale. La valeur moyenne de l'ensemble des suivis indique une teneur moyenne 3 fois plus élevée au niveau des stations de la Darse 1 (station ES1 et ES2) et de la station ES12 localisée à la sortie de l'Anse de Carteau (teneur moyenne proche de 3 000 pg/kg sec), qu'au niveau de la station du canal St-Antoine (station ES8) et de l'étang de Gloria (station ES10) (teneur moyenne proche de 500 pg/kg sec).

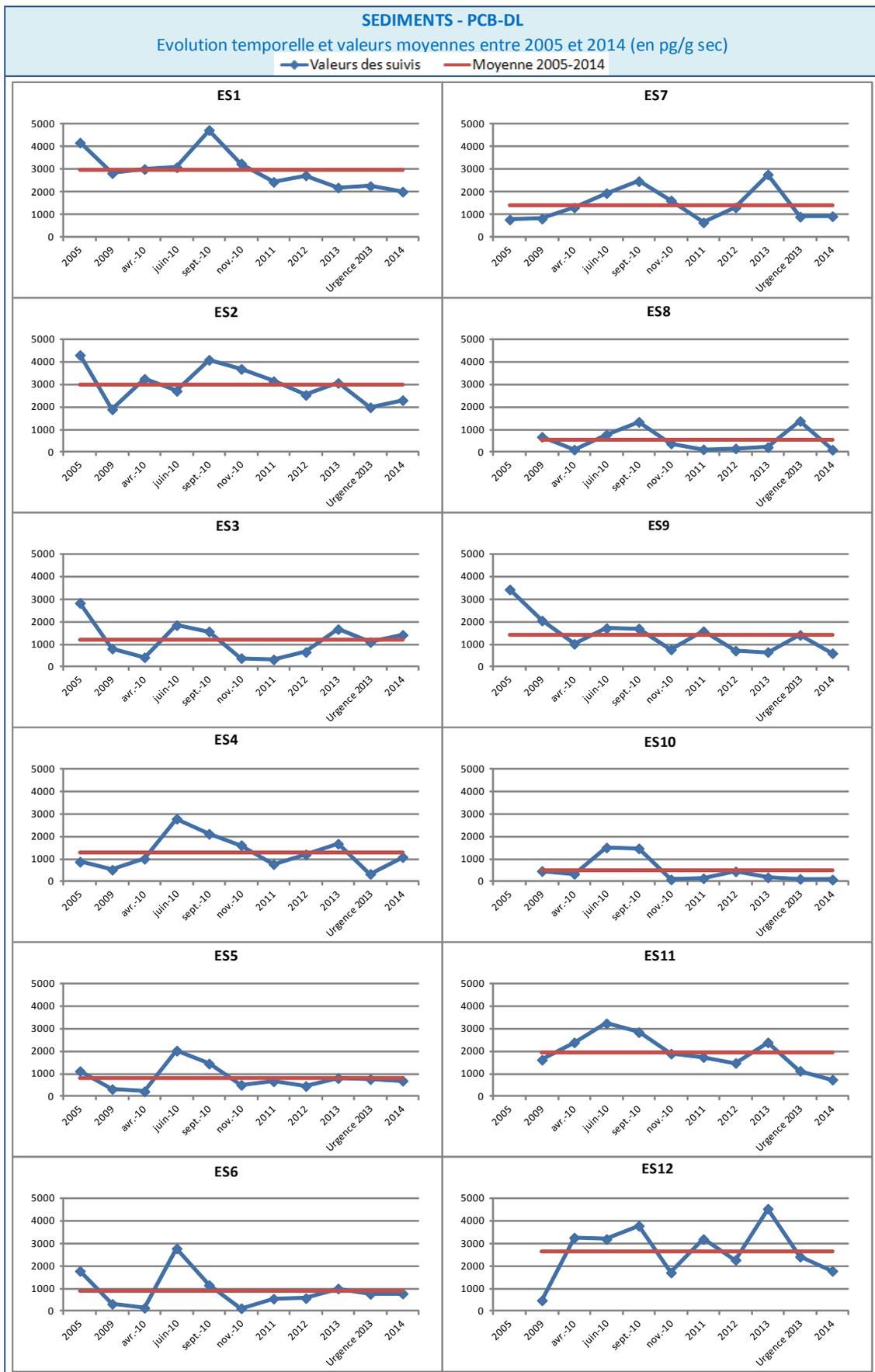


Figure 56 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCB-DL dans les sédiments.

### 4.15.3. NORMALISATION

La figure suivante présente la relation entre les PCB-DL et la fraction fine (premier paramètre de normalisation).

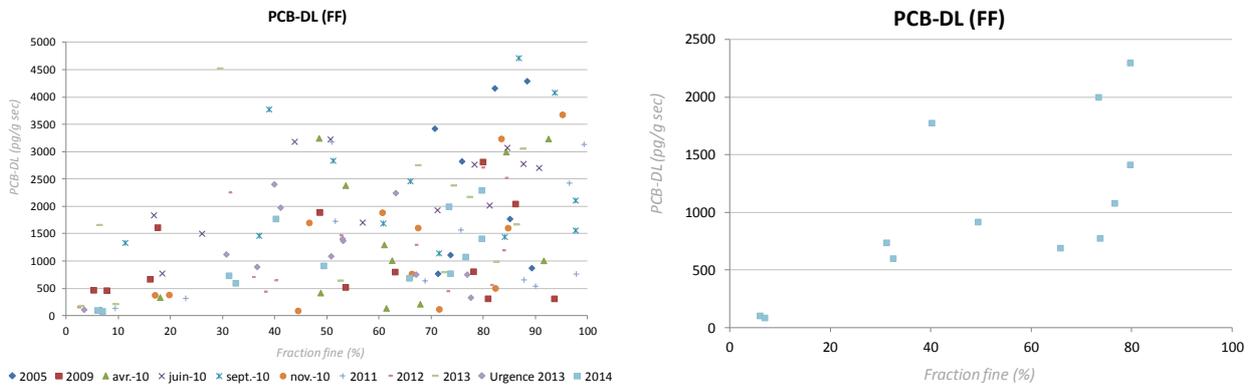


Figure 57 : Normalisation des PCB-DL par la fraction fine dans les sédiments.

La figure suivante présente la relation entre les PCB-DL et l'aluminium (deuxième paramètre de normalisation).

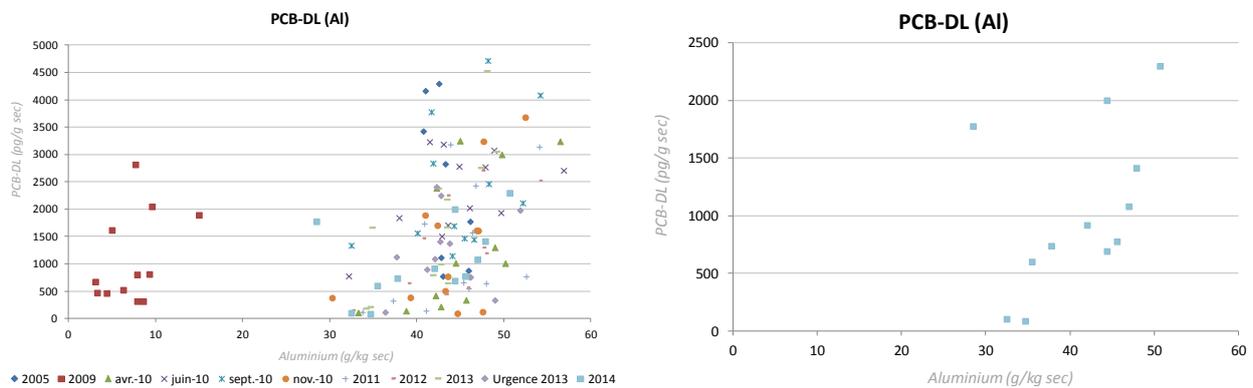


Figure 58 : Normalisation des PCB-DL par l'aluminium dans les sédiments.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre les PCB-DL et les deux paramètres de normalisation au regard des données de l'ensemble des suivis.



**6. ÉTUDE DE LA QUALITÉ DU BIOTE**

## 6.1. RÉSULTATS BRUTS

Le tableau suivant présente l'ensemble des données brutes obtenues suite à l'analyse en laboratoire des moules acquises depuis le premier suivi en 2005 jusqu'à celui de 2014.

		MO1										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	rgence 201	2014
<b>Matière vivante</b>												
Aluminium	mg/kg	740,80	147,37	632,00	226,00		461,00	476,00	185,00	78,00	60,00	141,00
Arsenic	mg/kg	10,92	13,16	11,80	13,10		11,70	10,20	11,90	12,60	11,40	8,80
Cadmium	mg/kg	0,59	0,26	0,63	0,79		0,90	0,40	0,37	0,42	0,58	0,42
Chrome	mg/kg	2,09	0,50	4,00	5,70		11,20	13,30	3,20	1,60	1,00	1,10
Cuivre	mg/kg	6,62	4,74	9,80	6,60		9,40	7,20	4,90	4,90	5,80	4,20
Mercuré	mg/kg	0,13	0,05	0,16	0,02		0,09	0,10	0,06	0,05	0,04	0,05
Nickel	mg/kg	2,55	0,50	4,60	2,70		4,50	4,60	1,40	1,90	1,70	1,40
Plomb	mg/kg	4,18	0,79	4,50	2,40		2,60	4,60	4,70	1,80	2,40	1,40
Zinc	mg/kg	139,90	136,84	136,00	149,00		200,00	146,00	174,00	142,00	182,00	134,00
PCB ttx	µg/kg									44,15	19,00	35,96
PCDD'F	pg/g sec	72,30	18,45	89,04	22,24		82,06	60,63	20,56	12,44	9,00	26,57
PCBDL	pg/g sec	10723,78	7555,26	4390,34	4962,10		5191,95	5536,33	6706,76	3882,09	3541,00	4309,79
PCDD'F	ITEQ pg/g s	1,38	1,11	1,52	0,81		1,01		0,71	0,74	0,70	0,81
PCBDL	ITEQ pg/g s	4,36	6,58	3,17	2,98		2,01		3,98	2,40	1,90	1,96

		MO2										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	rgence 201	2014
<b>Matière vivante</b>												
Aluminium	mg/kg	318,50	400,99	799,00	68,00	146,00	306,00	83,00	60,00	91,00	56,00	115,00
Arsenic	mg/kg	14,03	10,40	16,80	15,00	13,90	13,20	16,10	13,70	11,60	17,70	11,50
Cadmium	mg/kg	0,68	0,25	0,72	0,41	0,35	0,67	0,30	0,30	0,30	0,97	0,27
Chrome	mg/kg	1,53	1,49	3,00	1,80	1,10	9,10	5,60	4,97	1,20	0,90	0,50
Cuivre	mg/kg	6,47	4,46	9,30	5,20	5,50	7,20	4,40	3,50	4,40	6,30	3,50
Mercuré	mg/kg	0,17	0,03	0,18	0,05	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,08	0,02
Nickel	mg/kg	1,66	0,50	3,60	1,40	1,00	8,30	1,50	0,30	1,50	1,50	0,50
Plomb	mg/kg	1,75	0,74	1,60	0,60	0,50	0,90	1,00	1,20	0,80	1,40	0,60
Zinc	mg/kg	153,30	94,06	271,00	128,00	150,00	174,00	172,00	137,00	148,00	238,00	124,00
PCB ttx	µg/kg									55,37	34,60	41,91
PCDD'F	pg/g sec	76,95	38,76	86,60	16,57	81,79	106,15	23,54	16,92	12,82	34,00	14,88
PCBDL	pg/g sec	23934,98	9365,35	2786,13	4167,88	8705,20	7783,20	4188,61	5810,86	5116,04	2909,00	3844,85
PCDD'F	ITEQ pg/g s	2,00	1,22	1,67	0,77	2,07	0,85		0,68	0,64	0,70	0,98
PCBDL	ITEQ pg/g s	12,25	7,52	1,54	2,91	4,27	4,47		3,66	2,98	1,90	2,88

		MO3										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	rgence 201	2014
<b>Matière vivante</b>												
Aluminium	mg/kg	393,90	149,32	379,00		94,00	294,00	54,00	57,00	23,00	128,00	116,00
Arsenic	mg/kg	14,38	10,86	15,20		16,60	15,50	16,50	13,70	15,40	14,90	12,50
Cadmium	mg/kg	0,64	0,23	0,52		0,46	0,65	0,70	0,31	0,50	0,46	0,26
Chrome	mg/kg	1,33	0,45	3,90		1,00	6,80	1,00	2,90	0,80	0,80	0,40
Cuivre	mg/kg	5,70	5,43	7,60		5,90	7,80	4,80	3,10	4,70	7,20	4,00
Mercuré	mg/kg	0,16	0,04	0,17		0,10	0,10	0,10	0,05	0,07	0,06	0,03
Nickel	mg/kg	2,69	0,40	3,10		1,20	5,40	1,00	0,40	1,70	1,60	0,60
Plomb	mg/kg	1,97	0,68	1,50		0,70	1,20	0,90	1,10	0,60	1,80	1,10
Zinc	mg/kg	173,10	95,02	195,00		197,00	204,00	157,00	90,10	130,00	144,00	98,30
PCB ttx	µg/kg									72,20	28,80	55,29
PCDD'F	pg/g sec	44,48	16,97	75,16		78,45	109,62	16,01	16,64	10,55	39,00	14,09
PCBDL	pg/g sec	10401,22	6411,31	3574,59		9158,60	6804,60	4492,84	4984,66	4064,79	4964,00	5107,16
PCDD'F	ITEQ pg/g s	1,59	0,53	1,31		1,74	0,79		0,64	0,74	1,30	0,58
PCBDL	ITEQ pg/g s	5,67	6,11	2,06		5,35	5,25		3,15	3,32	3,30	3,70

		MO4										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	rgence 201	2014
<b>Matière vivante</b>												
Aluminium	mg/kg	389,50	316,24	510,00	113,00	59,00	338,00	83,00	300,00	125,00	244,00	67,00
Arsenic	mg/kg	13,73	11,11	15,00	18,80	15,50	15,90	13,40	14,80	15,80	16,30	12,90
Cadmium	mg/kg	0,40	0,21	0,48	0,51	0,43	0,59	0,30	0,34	0,36	0,34	0,25
Chrome	mg/kg	0,71	1,28	2,30	4,50	0,80	4,00	1,80	5,70	2,20	1,20	1,10
Cuivre	mg/kg	5,10	4,27	7,60	5,40	4,40	8,40	4,70	3,40	4,60	5,30	4,00
Mercure	mg/kg	0,11	0,03	0,13	0,08	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,03
Nickel	mg/kg	1,32	0,40	3,40	2,00	1,00	3,40	1,40	1,30	2,00	1,70	1,00
Plomb	mg/kg	1,34	1,32	1,30	1,00	0,60	1,40	1,00	1,40	1,00	1,80	1,30
Zinc	mg/kg	125,00	85,47	171,00	187,00	161,00	214,00	114,00	139,00	113,00	118,00	105,00
PCB ttx	µg/kg									72,44	25,40	47,74
PCDD'F	pg/g sec	41,92	13,85	61,85	18,59	74,41	162,98	23,33	17,72	14,12	52,00	20,53
PCBDL	pg/g sec	13211,80	6786,75	4477,95	6350,81	10488,50	7709,20	4842,01	5927,09	4858,80	5423,00	5087,97
PCDD'F	ITEQ pg/g s	1,30	0,52	1,58	0,95	2,54	1,26		0,72	0,72	1,30	0,92
PCBDL	ITEQ pg/g s	7,73	6,07	3,20	5,89	6,23	4,30		4,17	3,70	3,90	3,90

		MO5										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	rgence 201	2014
<b>Matière vivante</b>												
Aluminium	mg/kg	284,20	381,19	471,00	30,00		286,00	73,00	81,00	42,00	128,00	117,00
Arsenic	mg/kg	13,46	10,89	15,30	17,70		9,30	14,60	14,80	13,20	14,40	15,00
Cadmium	mg/kg	0,42	0,20	0,40	0,44		0,55	0,30	0,29	0,30	0,35	0,28
Chrome	mg/kg	0,81	0,99	4,10	1,10		6,30	1,30	1,80	0,90	0,80	1,40
Cuivre	mg/kg	5,21	5,45	8,50	5,20		7,60	4,20	3,20	5,40	5,80	3,50
Mercure	mg/kg	0,09	0,01	0,14	0,07		0,09	0,10	0,04	0,05	0,03	0,04
Nickel	mg/kg	1,52	0,50	4,40	1,50		3,50	1,10	0,40	1,90	1,10	0,90
Plomb	mg/kg	1,49	0,99	0,80	0,80		1,00	0,80	1,10	0,50	1,40	0,90
Zinc	mg/kg	129,40	84,16	147,00	156,00		159,00	142,00	121,00	101,00	90,30	154,00
PCB ttx	µg/kg									51,46	31,30	38,02
PCDD'F	pg/g sec	51,10	19,60	84,75	17,15		165,74	26,70	18,18	12,35	53,00	25,18
PCBDL	pg/g sec	12056,92	6139,95	4086,47	6914,81		6235,10	4550,12	2636,51	4037,16	5224,00	3894,18
PCDD'F	ITEQ pg/g s	1,45	1,10	1,58	0,88		1,47		1,12	0,69	1,40	0,98
PCBDL	ITEQ pg/g s	7,25	6,29	2,94	5,20		1,14		1,69	4,29	2,40	3,01

		MO6										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	rgence 201	2014
<b>Matière vivante</b>												
Aluminium	mg/kg	413,00	841,12	474,00	56,00		251,00	72,00		25,00	339,00	65,00
Arsenic	mg/kg	12,55	10,28	17,70	16,90		12,80	15,20		13,70	17,30	14,00
Cadmium	mg/kg	0,41	0,19	0,59	0,48		0,47	0,30		0,31	0,39	0,32
Chrome	mg/kg	0,95	2,34	4,30	3,90		14,10	1,20		0,70	5,10	0,50
Cuivre	mg/kg	5,73	6,07	8,80	5,70		6,90	5,10		5,20	5,70	4,70
Mercure	mg/kg	0,12	0,01	0,14	0,08		0,07	0,10		0,04	0,04	0,04
Nickel	mg/kg	1,41	1,87	3,70	1,30		2,30	1,30		1,70	2,30	0,60
Plomb	mg/kg	1,28	1,40	1,60	0,90		0,80	0,90		0,50	1,30	1,00
Zinc	mg/kg	172,00	112,15	231,00	170,00		198,00	146,00		97,00	159,00	153,00
PCB ttx	µg/kg									54,88	31,00	50,07
PCDD'F	pg/g sec	129,44	23,22	355,99	26,66		161,57	46,04		9,27	45,00	70,30
PCBDL	pg/g sec	13745,46	5220,79	3367,55	5802,28		6601,80	4735,75		4175,23	4512,00	4315,01
PCDD'F	ITEQ pg/g s	2,48	1,07	3,90	1,20		2,30			0,62	1,20	0,66
PCBDL	ITEQ pg/g s	7,84	5,09	3,57	5,66		3,64			3,88	2,40	4,30

		MO7										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	rgence 201	2014
<b>Matière vivante</b>												
Aluminium	mg/kg	418,80	294,87	247,00	78,00	89,00	127,00	62,00	109,00	27,00	49,00	45,00
Arsenic	mg/kg	13,92	12,18	15,70	15,90	13,70	13,70	16,50	17,00	14,30	19,10	14,00
Cadmium	mg/kg	0,58	0,32	0,56	0,39	0,35	0,83	0,30	0,37	0,39	0,60	0,40
Chrome	mg/kg	1,34	1,28	1,10	1,50	0,90	2,10	0,80	1,70	0,60	0,70	0,40
Cuivre	mg/kg	6,35	8,97	8,80	6,70	6,00	9,20	6,40	5,50	5,70	7,50	5,00
Mercure	mg/kg	0,12	0,06	0,16	0,09	0,05	0,10	0,10	0,07	0,06	0,08	0,03
Nickel	mg/kg	1,71	1,28	2,40	1,60	0,70	1,90	1,10	0,90	1,80	1,20	1,10
Plomb	mg/kg	1,46	1,28	1,50	0,90	0,80	1,60	0,80	1,50	0,50	1,10	1,30
Zinc	mg/kg	141,30	147,44	178,00	140,00	139,00	223,00	126,00	158,00	137,00	180,00	136,00
PCB ttx	µg/kg									79,51	47,10	38,14
PCDD'F	pg/g sec	57,32	46,83	98,97	35,61	34,16	150,67	36,30	36,95	16,18	47,00	26,77
PCBDL	pg/g sec	12657,91	15665,38	7085,56	5346,13	8572,05	9220,00	7200,44	9925,79	5908,83	6174,00	4657,52
PCDD'F	ITEQ pg/g s	1,87	2,94	1,85	1,23	1,00	2,15		1,32	1,06	1,40	1,13
PCBDL	ITEQ pg/g s	7,64	13,33	4,30	4,01	4,71	5,07		5,64	5,13	2,40	4,41

		MO8										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Argence 201	2014
<b>Matière vivante</b>												
Aluminium	mg/kg	894,60	236,56	415,00	147,00	60,00		133,00	248,00	14,00	40,00	56,00
Arsenic	mg/kg	33,60	9,68	15,70	13,60	16,00		16,40	13,40	13,00	18,80	13,80
Cadmium	mg/kg	0,68	0,16	0,59	0,39	0,50		0,30	0,31	0,33	0,50	0,20
Chrome	mg/kg	1,89	0,50	3,30	10,90	2,30		2,70	1,70	0,30	0,50	0,20
Cuivre	mg/kg	9,41	5,91	12,30	9,70	6,10		8,20	4,90	4,70	8,20	3,40
Mercure	mg/kg	0,21	0,09	0,21	0,10	0,06		0,10	0,06	0,05	0,12	0,07
Nickel	mg/kg	2,67	0,50	4,00	2,60	1,40		3,00	1,10	1,20	1,90	0,40
Plomb	mg/kg	1,85	0,65	1,70	1,20	0,90		1,10	1,50	0,40	0,90	0,50
Zinc	mg/kg	153,30	86,02	237,00	129,00	161,00		114,00	114,00	97,00	137,00	89,20
PCB ttx	µg/kg									64,63	24,70	55,97
PCDD'F	pg/g sec	102,02	28,66	119,67	65,26	38,63		44,82	26,99	7,61	23,00	16,29
PCBDL	pg/g sec	17325,83	6366,83	3955,20	5545,27	14496,00		3599,24	5793,65	4584,52	5630,00	5530,20
PCDD'F	ITEQ pg/g s	2,07	1,30	1,47	1,57	1,20			0,85	0,74	1,00	0,68
PCBDL	ITEQ pg/g s	8,41	3,80	2,15	3,60	6,97			3,66	3,92	2,80	2,71

		MO9										
Campagnes		2005	2009	avr.-10	juin-10	sept.-10	nov.-10	2011	2012	2013	Argence 201	2014
<b>Matière vivante</b>												
Aluminium	mg/kg	187,50	253,42	103,00	71,00	137,00	122,00	216,00	34,00	22,00	134,00	40,00
Arsenic	mg/kg	12,75	8,22	17,00	14,00	13,90	15,30	15,70	15,90	14,10	16,40	<0,1
Cadmium	mg/kg	0,41	0,27	0,52	0,35	0,59	0,42	0,30	0,26	0,46	0,35	<0,05
Chrome	mg/kg	0,55	0,70	1,40	1,20	1,90	1,40	1,00	0,50	0,50	0,60	<0,1
Cuivre	mg/kg	4,42	5,48	6,40	6,00	10,30	6,30	5,50	4,30	4,30	6,40	2,90
Mercure	mg/kg	0,12	0,05	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,05	0,08	0,04	0,03
Nickel	mg/kg	0,89	0,70	2,80	1,10	3,30	1,40	1,40	0,40	1,10	1,00	0,10
Plomb	mg/kg	1,30	1,10	1,20	0,90	1,40	0,60	1,00	0,90	0,60	1,30	<0,1
Zinc	mg/kg	100,50	82,19	198,00	139,00	243,00	124,00	120,00	85,30	144,00	145,00	122,00
PCB ttx	µg/kg									63,66	21,80	35,77
PCDD'F	pg/g sec	49,31	25,38	106,27	30,09	144,73	126,84	16,90	13,76	10,26	38,00	17,03
PCBDL	pg/g sec	15767,72	7823,42	5236,32	5837,27	26842,80	7355,30	4967,94	5844,52	4184,49	5513,00	3590,42
PCDD'F	ITEQ pg/g s	1,42	1,95	1,72	1,52	2,43	1,73		0,75	0,68	1,10	0,74
PCBDL	ITEQ pg/g s	9,01	4,97	3,19	4,65	14,45	4,16		5,08	3,19	2,90	2,68

## 6.2. INDICE DE CONDITION

L'indice de condition a été calculé sur chacune des neuf stations suite à des mesures biométriques sur quinze individus par station.

La figure suivante présente les valeurs d'indice de condition au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.



Figure 59 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour l'indice de condition.

Les moules sont des organismes filtreurs dont la capacité de filtration et donc de bioaccumulation des contaminants dans leurs chairs est fonction de leurs cycles biologiques. Les valeurs d'indice de condition varient de 0.09 au niveau de la station M01 située le plus au Nord de la Darse 1 à 0.22 au niveau des tables mytilicoles station M09. Les résultats obtenus lors du suivi de 2014 semblent être en

adéquation avec les données des précédents suivis. En effet, l'indice de condition moyen mesuré au mois de septembre 2014 est légèrement plus élevé pour l'ensemble des stations, excepté M05, que celui mesuré au mois de novembre 2013. Cette observation est à mettre en relation avec la croissance des moules qui suit un cycle biologique annuel.

## 6.3. ALUMINIUM

### 6.3.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en aluminium au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

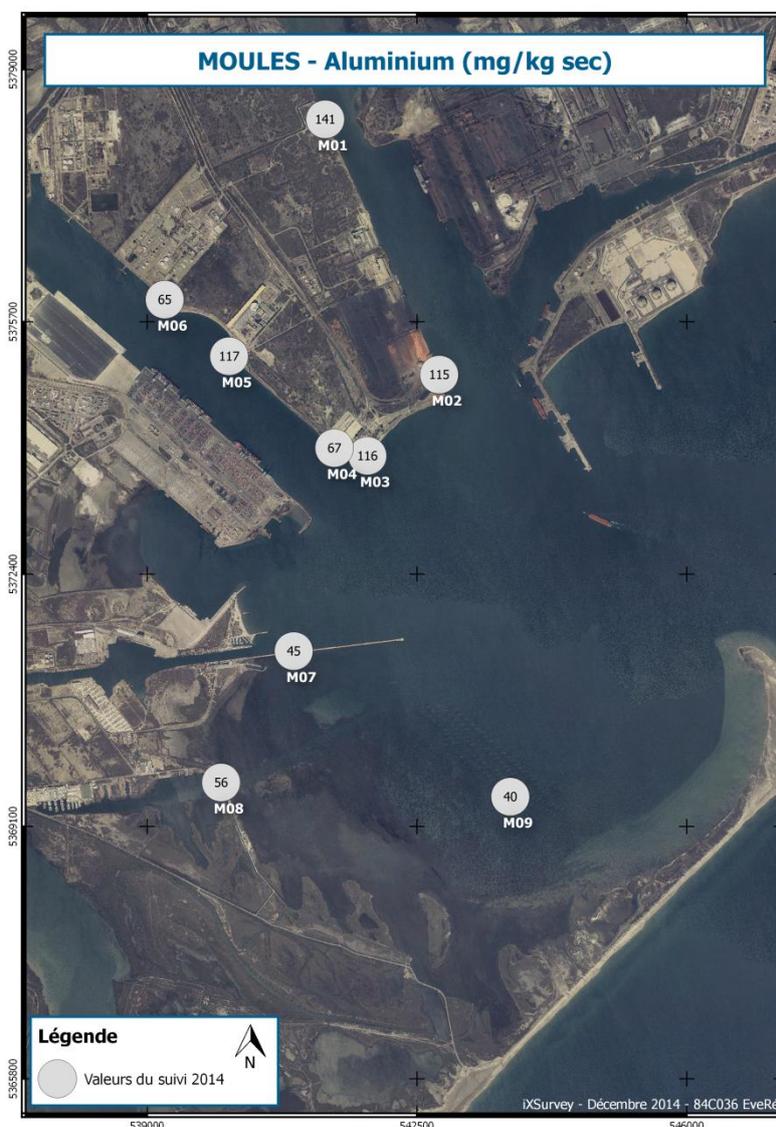


Figure 60 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour l'aluminium dans les moules.

L'ensemble des teneurs en aluminium est très hétérogène sur l'ensemble de la zone d'étude et varie de 40 mg/kg sec au minimum (station M09) à 141 mg/kg sec au maximum (station M01). D'une façon générale, les teneurs en aluminium les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 1 (stations M01 et M02); alors que les teneurs les plus faibles se trouvent au niveau des stations de l'Anse de Carteau (stations M07, M08 et M09).

### 6.3.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données d'aluminium pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne d'aluminium sur l'ensemble du suivi).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, la concentration en aluminium est restée relativement stable au niveau de quatre stations sur les neuf analysés. Ces quatre stations se localisent à l'Est de l'Anse de Carteau (stations M03, M07 et M08) ainsi qu'au milieu de la Darse 2 (station M05) et la variation observée est inférieure à 20 mg/kg sec.

Des diminutions plus ou moins importantes des teneurs en aluminium se notent au niveau des stations de la Darse 2 (stations M04 et M06) ainsi qu'au niveau de la station M09 localisée à proximité des tables mytilicoles. La baisse la plus forte se constate au niveau de la station M06 passant d'une valeur de 339 mg/kg sec lors du suivi d'urgence de 2013 à 65 mg/kg sec lors du suivi de 2014, soit un écart de 274 mg/kg sec. La baisse de teneur au niveau des deux autres stations est de 177 mg/kg sec pour la station M04 et 94 mg/kg sec pour la station M09.

Les teneurs en aluminium des stations localisées dans la Darse 1 (stations M01 et M02) se voient légèrement augmentées. La hausse est de 81 mg/kg sec au niveau de la station M01 et de 59 mg/kg sec au niveau de la station M02.

Globalement, des variations spatiales et temporelles de la concentration en aluminium se notent sur l'ensemble de la zone d'étude.

Les variations spatiales s'observent entre les stations, notamment via l'étude des valeurs moyennes de l'ensemble des suivis. La valeur moyenne de l'ensemble des suivis la plus faible est obtenue au niveau de la station M09 avec une valeur moyenne de 120 mg/kg sec indiquant une concentration moyenne en aluminium moins élevée dans cette zone que partout ailleurs.

Les variations temporelles, se traduisant par un écart entre les valeurs en aluminium maximales et minimales obtenues au cours des différentes campagnes de suivis, se notent au niveau des stations des la Darse 1 (stations M01 et M02), de la station M06 de la Darse 2 et de la station située à proximité du

canal St-Antoine (station M08). L'amplitude maximale de variation entre les deux valeurs extrêmes dans une même station s'observe au niveau de la station M08 passant d'une teneur de 895 mg/kg sec en 2005 à une teneur de 14 mg/kg sec en 2013, soit un écart de 881 mg/kg sec.

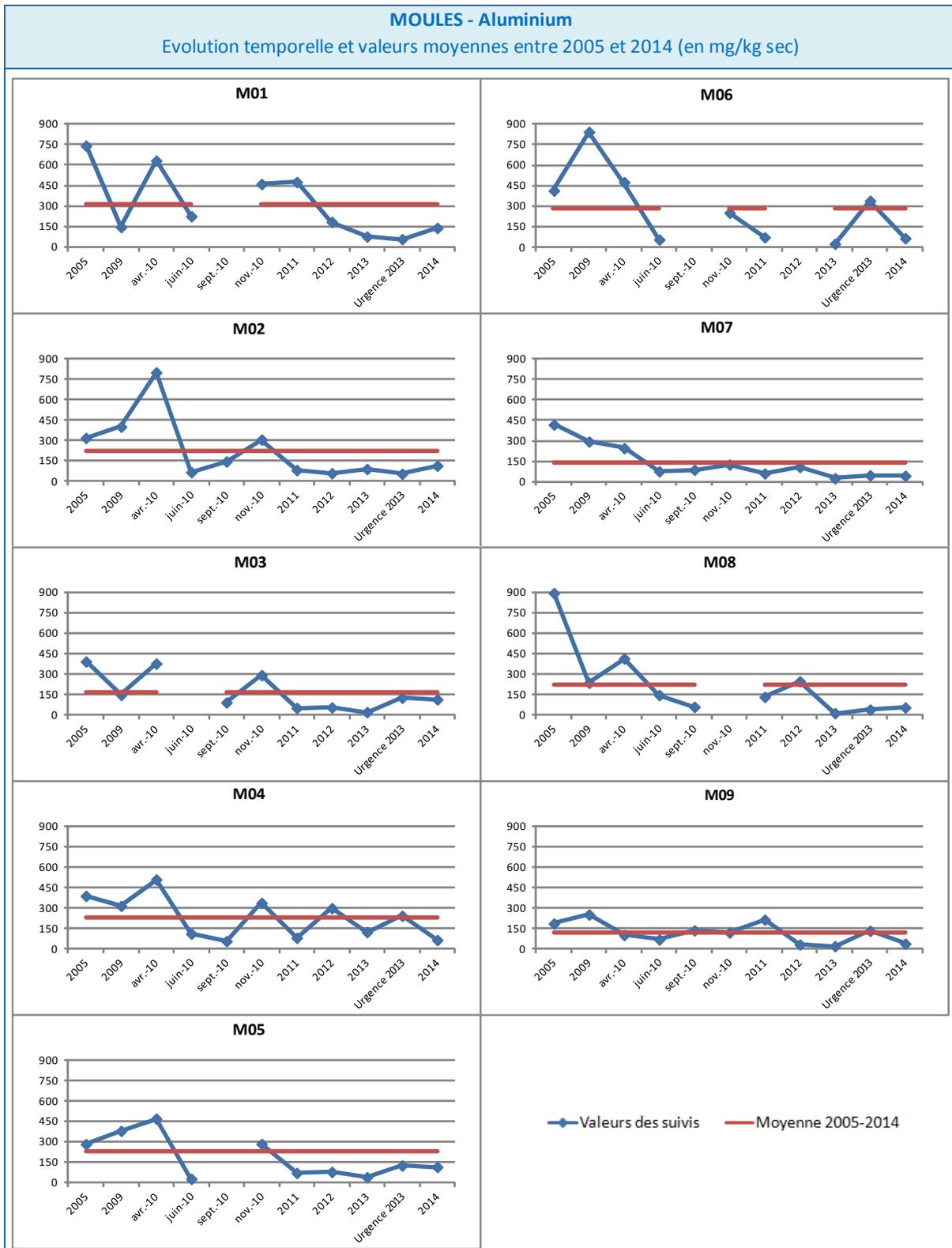


Figure 61 : Résultats des données issues depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour l'aluminium dans les moules.

### 6.3.3. NORMALISATION

Les teneurs en aluminium mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre l'aluminium et l'indice de condition.

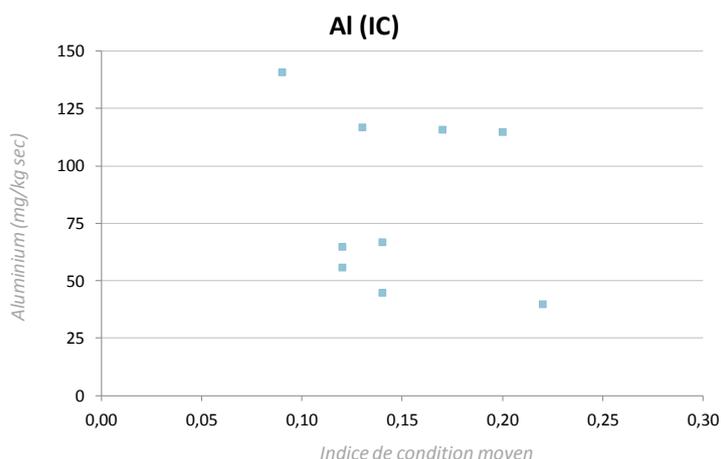


Figure 62 : Normalisation de l'aluminium par l'indice de condition.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre l'aluminium et l'indice de condition au regard des données de 2014.

## 6.4. ARSENIC

### 6.4.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en arsenic au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

L'ensemble des teneurs en arsenic est relativement homogène sur l'ensemble de la zone d'étude et varie de 8.8 mg/kg sec au minimum (station M01) à 15 mg/kg sec au maximum (station M05). La teneur en arsenic au niveau de la station M09 est inférieure au seuil de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 0.1 mg/kg sec). D'une façon générale, les teneurs en arsenic les plus élevées se rencontrent dans la partie Ouest du Golfe de Fos-sur-Mer, comprenant les stations de la Darse 2, ainsi que celles du canal St-Louis et du canal St-Antoine. Les teneurs en arsenic les plus faibles se localisent au niveau de la station M01 au Nord de la Darse 1 et au niveau des tables mytilicoles.

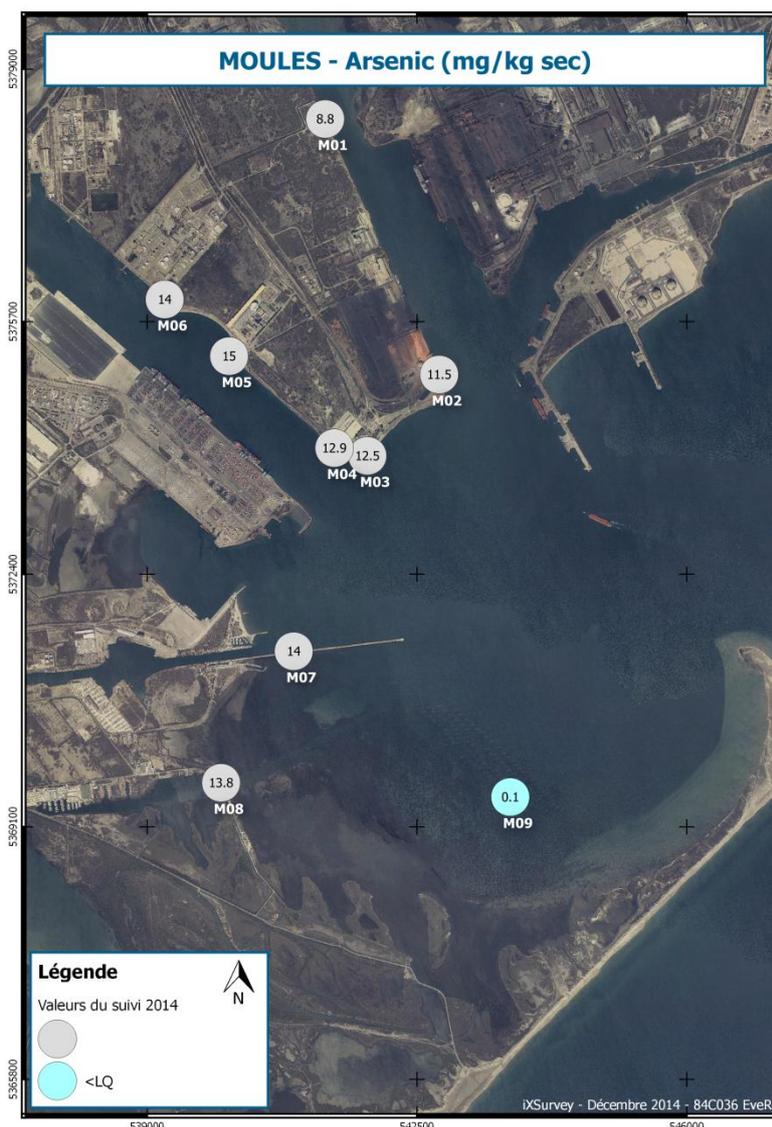


Figure 63 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour l'arsenic dans les moules.

### 6.4.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données d'arsenic pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne d'arsenic sur l'ensemble du suivi).

Comparée aux données issues de la campagne d'urgence 2013, une diminution relativement faible des teneurs en arsenic, inférieure à 5 mg/kg sec, s'observe dans l'ensemble des stations lors du suivi de 2014, excepté au niveau de la station M09. En effet, au niveau de cette station, la diminution des teneurs en arsenic est plus marquée avec une baisse minimale de 16.3 mg/kg sec car la teneur en 2014 est inférieure à la limite de quantification fixée à 0.1 mg/kg sec.

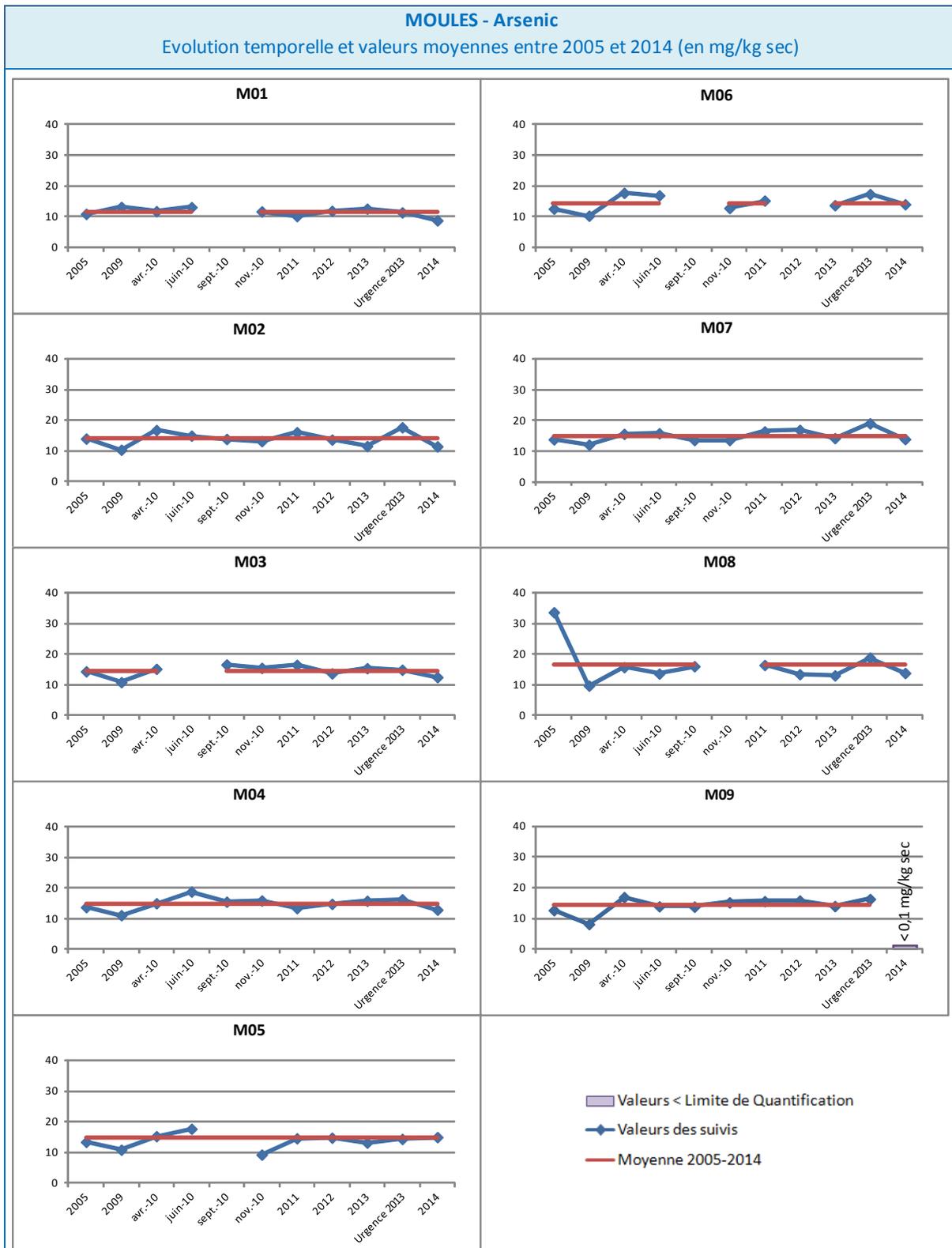


Figure 64 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour l'arsenic dans les moules.

Globalement, les teneurs en arsenic sur l'ensemble de la zone d'étude sont constantes et peuvent être considérées comme relativement faibles. La valeur moyenne de l'ensemble des suivis est aux alentours de 15 mg/kg sec pour la majorité des stations. Seule la station M01 avec une valeur moyenne de

l'ensemble des suivis proche de 10 mg/kg sec montre une contamination en arsenic globalement plus faible au Nord de la Darse 1.

### 6.4.3. NORMALISATION

Les teneurs en arsenic mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre l'arsenic et l'indice de condition.

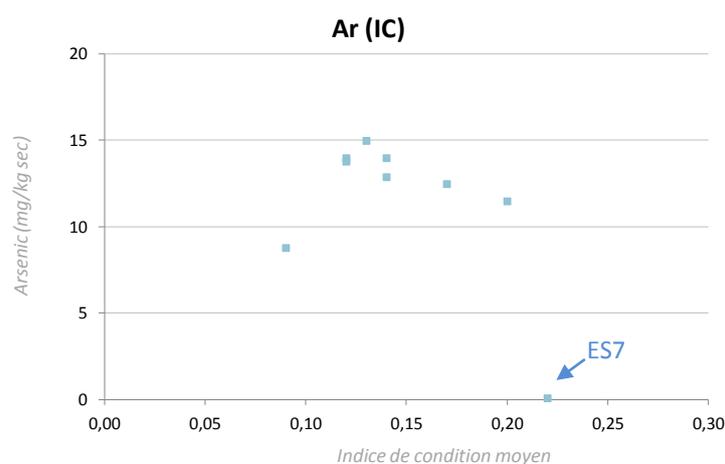


Figure 65 : Normalisation de l'arsenic par l'indice de condition.

Une légère corrélation entre l'arsenic et l'indice de condition se note au regard des données de 2014. En effet, une tendance se dégage où les teneurs en arsenic les plus faibles sont majoritairement associées aux indices de condition les plus forts.

La station ES7, ayant une valeur inférieure à la limite de quantification en 2014, se distingue très nettement des autres stations.

## 6.5. CADMIUM

### 6.5.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en cadmium au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

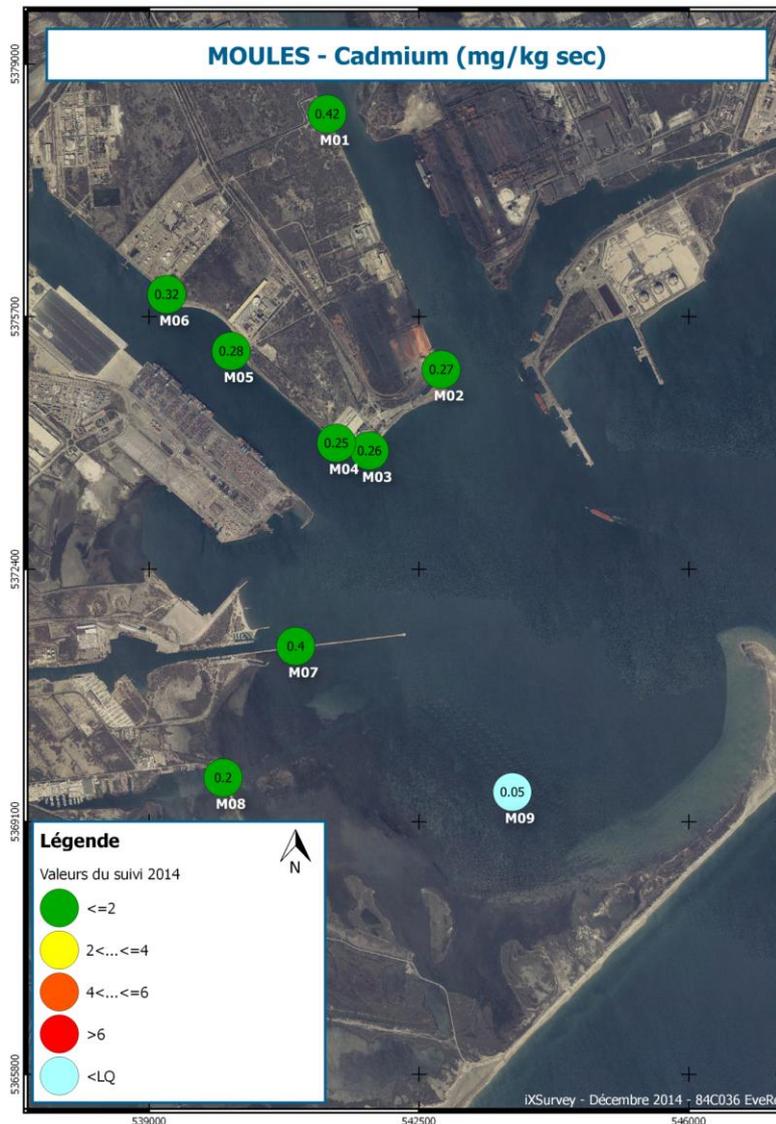


Figure 66 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le cadmium dans les moules.

Les teneurs en cadmium sont relativement homogènes et faibles sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces teneurs varient de 0.20 mg/kg sec au minimum (station M08) à 0.42 mg/kg sec au maximum (station M01).

En aucun cas la valeur médiane de la concentration en cadmium (fixée à 0.48 mg/kg sec) issue des données Ifremer de 2003 à 2007 obtenu au niveau du point Anse de Carteau 2 n'est supérieure au seuil. La teneur en cadmium au niveau de la station M09 est inférieure au seuil de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 0.05 mg/kg sec).

D'une façon générale, la contamination en cadmium semble plus faible dans la partie Sud du Golfe de Fos-sur-Mer.

## 6.5.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de cadmium pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de cadmium sur l'ensemble du suivi).

Les teneurs en cadmium obtenues lors du suivi de 2014 s'avèrent légèrement plus faibles que celles de l'année précédente et ceux pour l'ensemble des stations. La baisse la plus importante se note au niveau de la station M02 avec une valeur passant de 0.97 mg/kg sec lors du suivi d'urgence de 2013 à 0.27 mg/kg sec en 2014, soit un écart de 0.70 mg/kg sec.

Globalement, les teneurs en cadmium sont homogènes sur l'ensemble de la zone d'étude et bien inférieures au seuil de contamination alimentaire fixé à 5 mg/kg sec.

## 6.5.3. NORMALISATION

Les teneurs en cadmium mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre le cadmium et l'indice de condition.

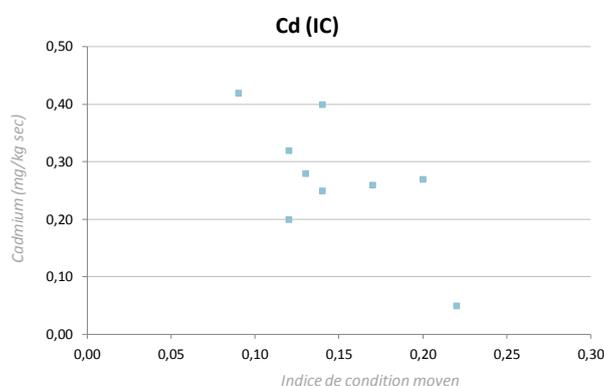


Figure 67 : Normalisation du cadmium par l'indice de condition.

Une légère corrélation entre le cadmium et l'indice de condition se note au regard des données de 2014. En effet, une tendance se dégage où les teneurs en cadmium les plus faibles sont majoritairement associées aux indices de condition les plus forts.



Figure 68 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le cadmium dans les moules.

## 6.6. CHROME

### 6.6.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en chrome au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

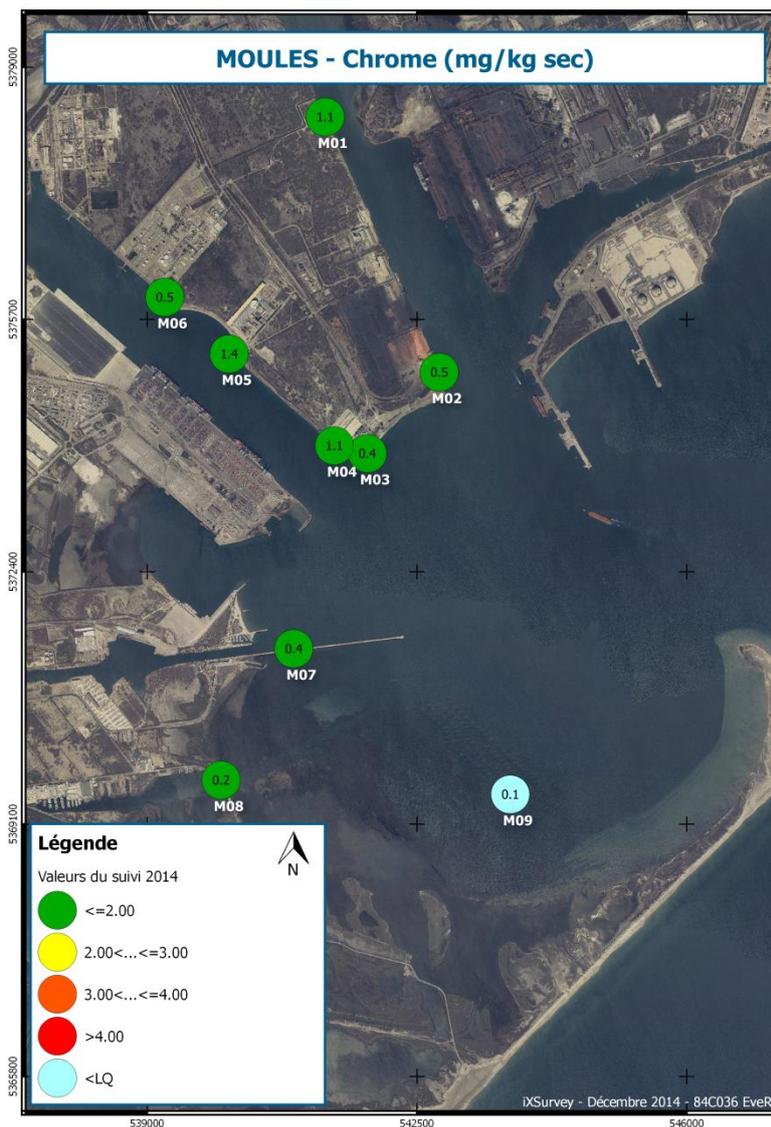


Figure 69 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le chrome dans les moules.

Les teneurs en chrome sont relativement homogènes et faibles sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces teneurs varient de 0.2 mg/kg sec au minimum (station M08) à 1.4 mg/kg sec au maximum (station M05).

La valeur médiane de la concentration en chrome (fixée à 0.96 mg/kg sec) issue des données Ifremer de 2003 à 2007 obtenu au niveau du point Anse de Carteau 2 est supérieure au seuil au niveau de la station M01 au Nord de la Darse 1 et des stations M04 et M05 de la Darse 2.

La teneur en chrome au niveau de la station M09 est inférieure au seuil de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 0.1 mg/kg sec).

D'une façon générale, la contamination en chrome semble plus élevée au niveau des deux Darses.

### 6.6.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de chrome pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de chrome sur l'ensemble du suivi).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, la concentration en chrome dans la chair des moules est relativement stable pour huit stations (stations M01, M02, M03, M04, M05, M07, M08 et M09) sur les neuf étudiées. En effet, une augmentation ou une diminution inférieure à 0.60 mg/kg sec se note.

Au niveau de la station M06, une diminution plus importante s'observe avec une valeur passant de 5.10 mg/kg sec lors du suivi d'urgence de 2013 à 0.50 mg/kg sec en 2014, soit un écart de 4.60 mg/kg sec.

Toutefois, les valeurs mesurées en 2014 sont toutes inférieures à la valeur moyenne de l'ensemble des suivis.

Globalement, les teneurs en chrome sont constantes depuis le début des suivis au niveau des stations M07 et M09, avec une valeur moyenne de l'ensemble des suivis respective de 1.13 mg/kg sec et de 0.98 mg/kg sec.

Au niveau des autres stations, des fluctuations de plus amples amplitudes s'observent d'une année sur l'autre. Certaines valeurs pouvant même s'apparenter à des données aberrantes, comme la valeur en novembre 2010 au niveau de la station M06 qui est en moyenne 2.5 fois plus importante que les autres valeurs des suivis. De ce fait, la valeur moyenne de l'ensemble des suivis semble quelque peu biaisée.

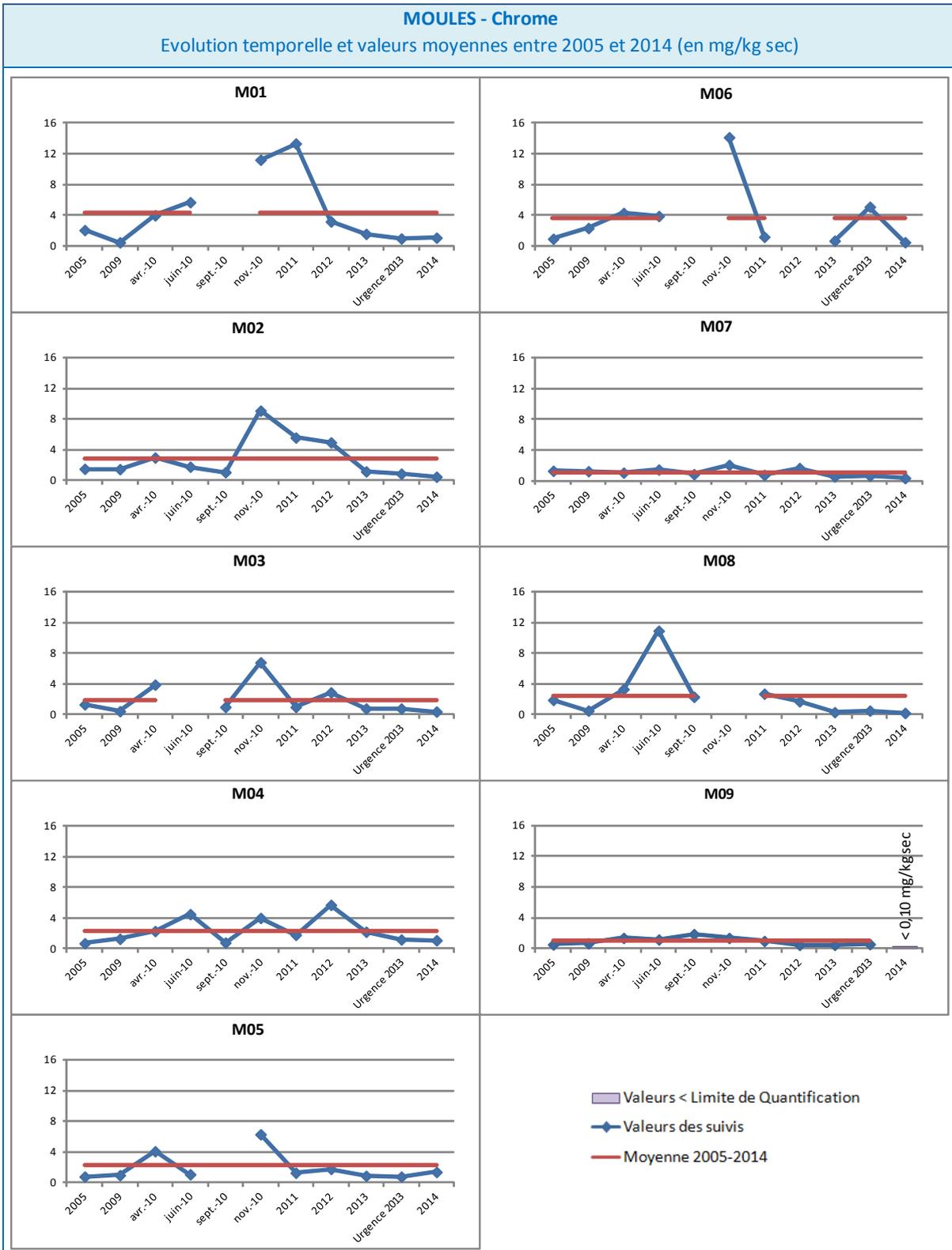


Figure 70 : Résultats des données issues depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le chrome dans les moules.

### 6.6.3. NORMALISATION

100

Les teneurs en chrome mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre le chrome et l'indice de condition.

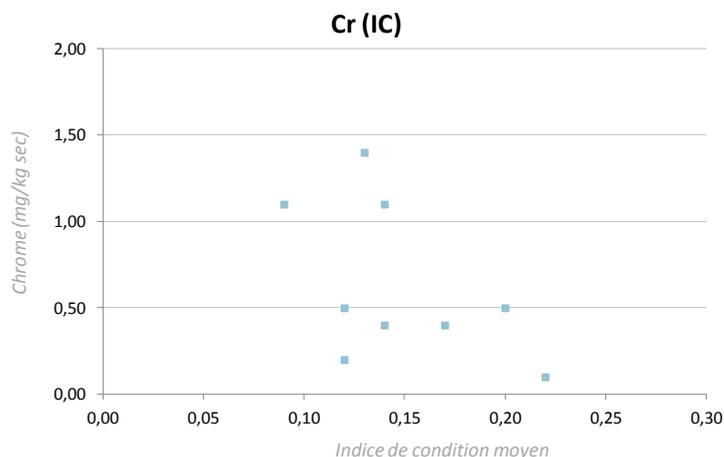


Figure 71 : Normalisation du chrome par l'indice de condition.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre le cadmium et l'indice de condition au regard des données de 2014.

## 6.7. CUIVRE

### 6.7.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en cuivre au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

Les teneurs en cuivre sont relativement homogènes et faibles sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces teneurs varient de 2.9 mg/kg sec au minimum (station M09) à 5 mg/kg sec au maximum (station M07). En aucun cas la valeur médiane de la concentration en cuivre (fixée à 6.4 mg/kg sec) issue des données Ifremer de 2003 à 2007 obtenu au niveau du point Anse de Carteau 2 n'est supérieure au seuil.

D'une façon générale, la contamination en chrome semble plus élevée dans la partie Nord des Darses ainsi qu'au niveau du canal St-Louis.

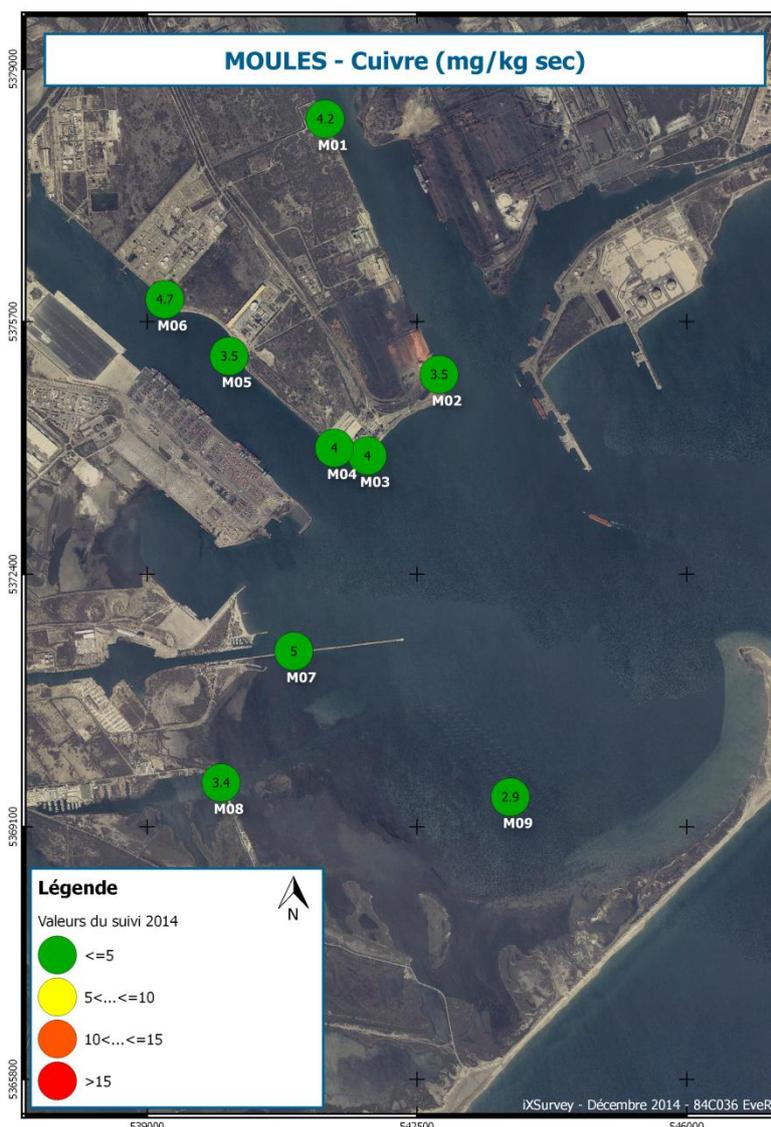


Figure 72 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le cuivre dans les moules.

## 6.7.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de cuivre pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de cuivre sur l'ensemble du suivi).

La comparaison des valeurs du suivi d'urgence 2013 avec celles de 2014 révèle une diminution de la concentration en cuivre pour l'ensemble des stations de la zone d'étude. La chute la plus importante se constate au niveau de la station M08 avec une diminution de 4.8 mg/kg sec. Sinon, la différence entre les teneurs en cuivre du suivi d'urgence de 2013 et du suivi de 2014 est comprise entre 1 mg/kg sec et 3.5 mg/kg sec.

Globalement, les teneurs en cuivre fluctuent d'une année sur l'autre sur l'ensemble de la zone d'étude. Toutefois, l'amplitude de variation des valeurs n'excède pas les 10 mg/kg sec.

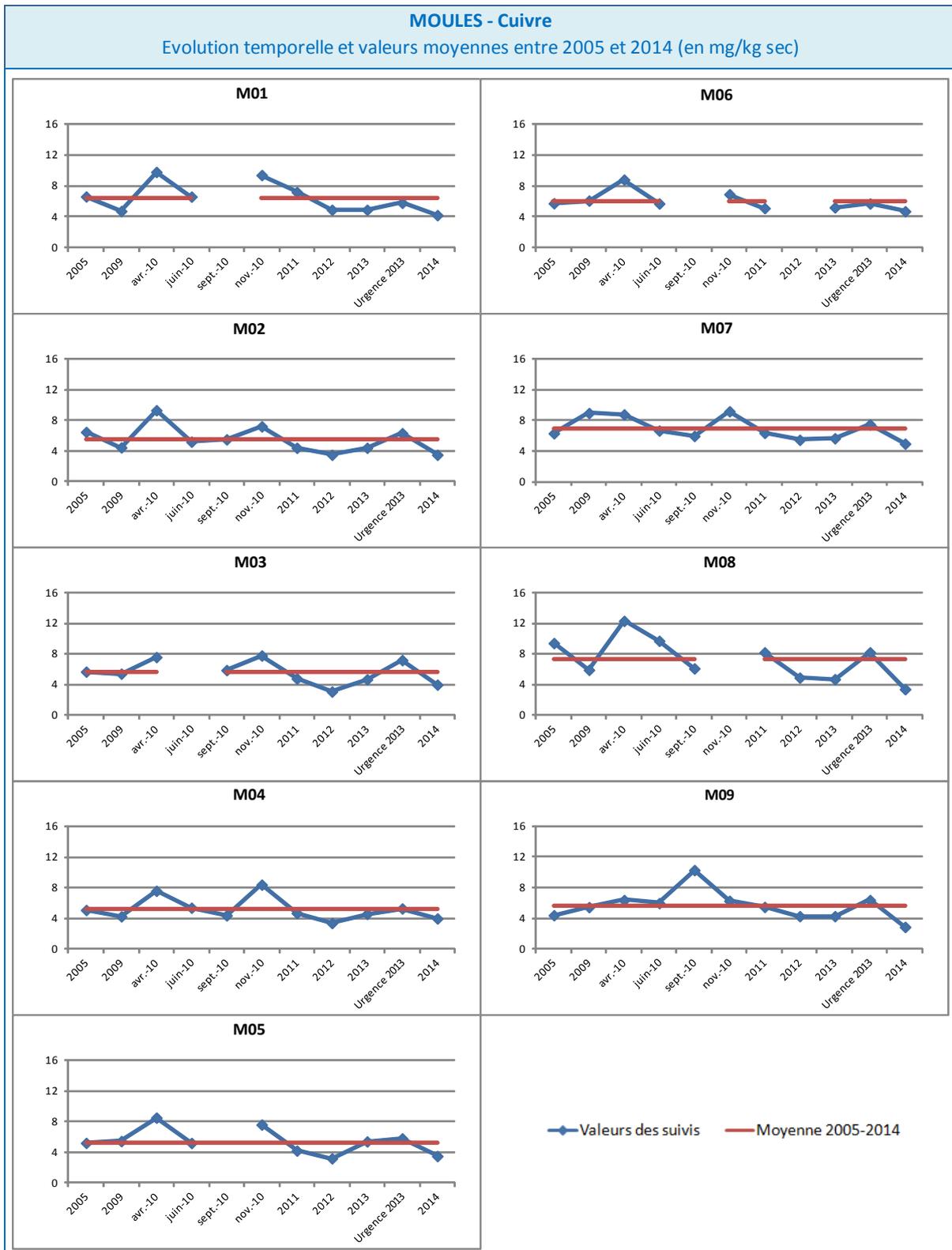


Figure 73 : Résultats des données issues depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le cuivre dans les moules.

### 6.7.3. NORMALISATION

Les teneurs en cuivre mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre le cuivre et l'indice de condition.

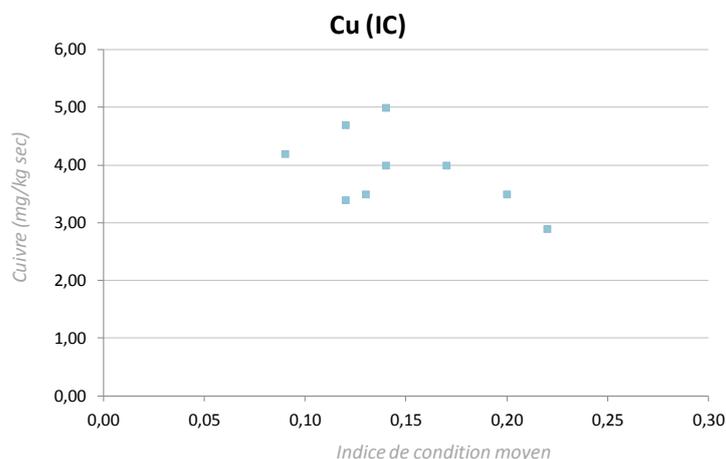


Figure 74 : Normalisation du cuivre par l'indice de condition.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre le cuivre et l'indice de condition au regard des données de 2014.

## 6.8. MERCURE

### 6.8.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en mercure au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

L'analyse des teneurs en cuivre obtenues dans le cadre du suivi de 2014 révèle une certaine homogénéité spatiale sont relativement homogènes spatiale sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces teneurs, relativement faibles, varient de 0.02 mg/kg sec au minimum (station M02) à 0.07 mg/kg sec au maximum (station M08).

En aucun cas la valeur médiane de la concentration en mercure (fixée à 0.10 mg/kg sec) issue des données Ifremer de 2003 à 2007 obtenu au niveau du point Anse de Carteau 2 n'est supérieure au seuil. D'une façon générale, la contamination en mercure semble suivre un gradient spatial du Nord vers le Sud, où les teneurs les plus élevées se rencontrent au Nord des Darses. La station ES7 déroge à cette observation avec une teneur en mercure plus importante que celle au Nord des Darses.

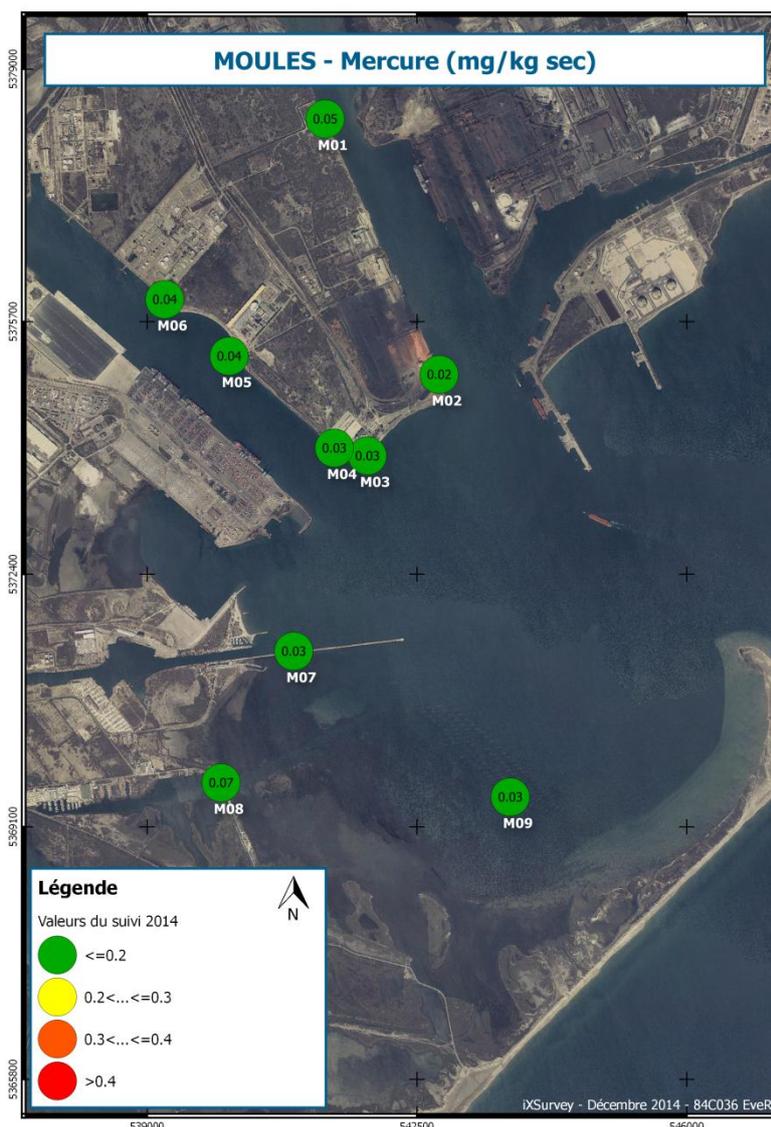


Figure 75 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le mercure dans les moules.

## 6.8.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de mercure pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de mercure sur l'ensemble du suivi).

La comparaison des valeurs du suivi d'urgence 2013 avec celles de 2014 révèle une stabilité ou une diminution de la concentration en mercure de la zone d'étude. La chute la plus importante se constate au niveau de la station M02 avec une diminution de 0.06 mg/kg sec. Sinon, la variation observée est comprise entre - 0.05 mg/kg sec et +0.1 mg/kg sec.

Globalement, les teneurs en mercure sont relativement stables depuis le suivi de juin 2010 et bien inférieures au seuil de contamination alimentaire fixé à 2.5 mg/kg sec.



Figure 76 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le mercure dans les moules.

### 6.8.3. NORMALISATION

Les teneurs en mercure mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre le mercure et l'indice de condition.

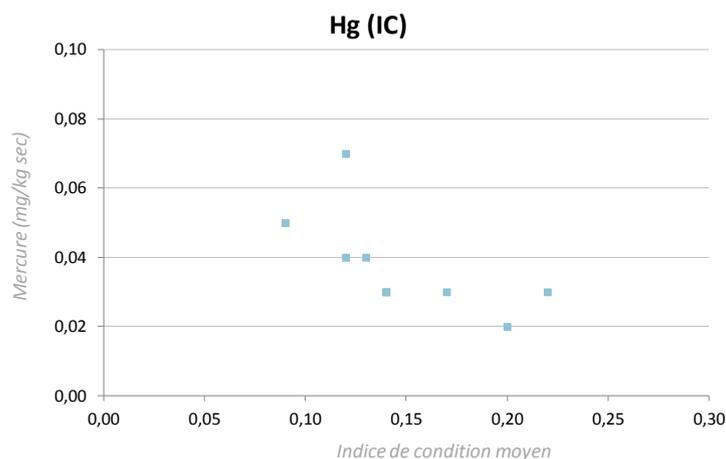


Figure 77 : Normalisation du mercure par l'indice de condition.

Une légère corrélation peut être mise en évidence entre le mercure et l'indice de condition au regard des données de 2014. En effet, une tendance se dégage où les teneurs en mercure les plus faibles sont majoritairement associées aux indices de condition les plus forts.

## 6.9. NICKEL

### 6.9.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en nickel au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

Des variations spatiales des concentrations en nickel sont observées sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces teneurs varient de 0.1 mg/kg sec au minimum (station M09) à 1.4 mg/kg sec au maximum (station M01).

La valeur médiane de la concentration en nickel (fixée à 1.05 mg/kg sec) issue des données Ifremer de 2003 à 2007 obtenu au niveau du point Anse de Carteau 2 est supérieure au seuil pour les deux stations (stations M01 et M07).

D'une façon générale, la contamination en nickel semble plus faible dans la partie Sud de l'Anse de Carteau.



Figure 78 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour le nickel dans les moules.

## 6.9.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de nickel pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de nickel sur l'ensemble du suivi).

Entre le suivi réalisé après l'incendie de 2013 (suivi urgence 2013) et celui de 2014, les valeurs de nickel ont tendance à être stables ou à diminuer légèrement. Les chutes les plus importantes se constatent au niveau des stations M06 et M08 avec une diminution respective de 1.7 mg/kg sec et de 1.5 mg/kg sec. Pour les sept autres stations, la baisse observée des teneurs en nickel est inférieure à 1 mg/kg sec.

Globalement, l'amplitude de variation entre les données est plus forte au niveau des stations localisées dans les Darses. Les valeurs moyennes de l'ensemble des suivis laissent penser que la contamination en nickel dans les sédiments superficiels est plus élevée au niveau de la station M01.

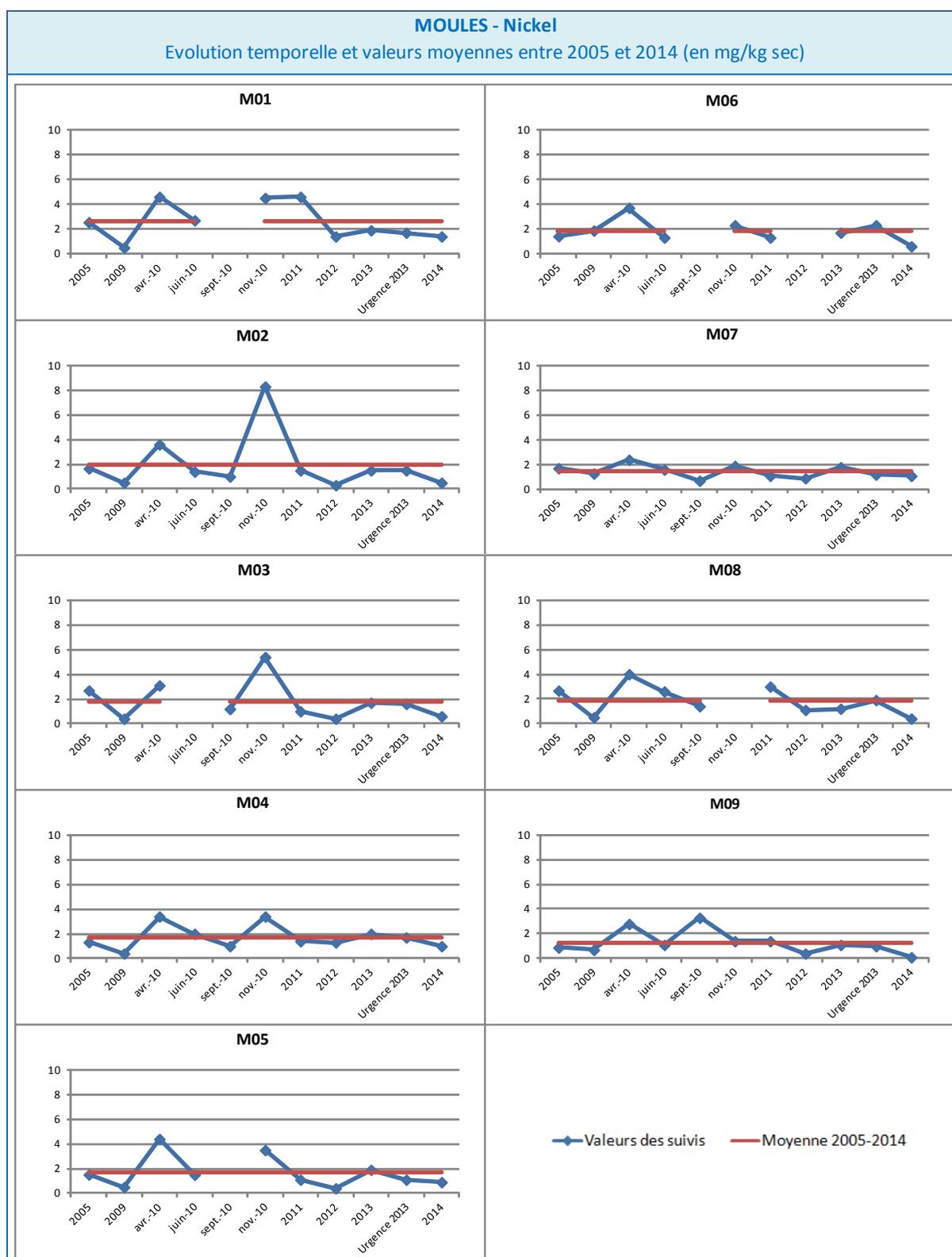


Figure 79 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le nickel dans les moules.

### 6.9.3. NORMALISATION

Les teneurs en nickel mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre le nickel et l'indice de condition.

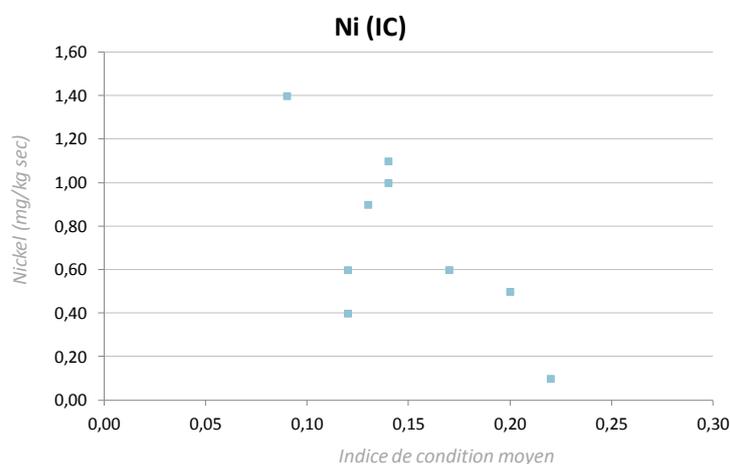


Figure 80 : Normalisation du nickel par l'indice de condition.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre le nickel et l'indice de condition au regard des données de 2014. Toutefois, une tendance se dégage les teneurs en nickel les plus faibles sont majoritairement associées aux indices de condition les plus forts.

## 6.10. PLOMB

### 6.10.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en plomb au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

L'ensemble des teneurs en plomb de la zone d'étude est relativement faible. Ces teneurs varient de 0,5 mg/kg sec au minimum (station M08) à 1,4 mg/kg sec au maximum (station M01).

En aucun cas la valeur médiane de la concentration en plomb (fixée à 1,7 mg/kg sec) issue des données Ifremer de 2003 à 2007 obtenu au niveau du point Anse de Carteau 2 est supérieure au seuil.

La teneur en plomb au niveau de la station M09 est inférieure à la limite de quantification définie par le laboratoire d'analyse (LQ = 0,1 mg/kg sec).

D'une façon générale, la contamination en plomb la plus faible se rencontre dans la partie Sud de l'Anse de Carteau (stations M08 et M09) avec des valeurs inférieures à 0,5 mg/kg sec.

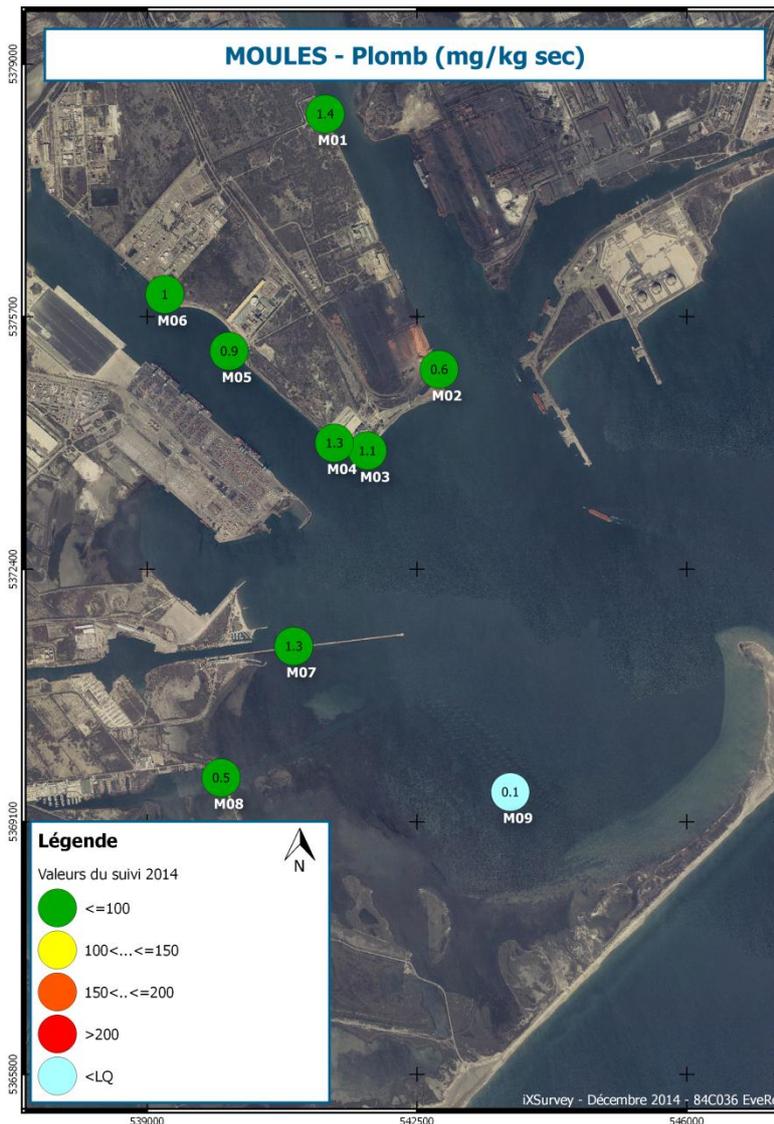


Figure 81 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le plomb dans les moules.

### 6.10.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de plomb pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de plomb sur l'ensemble du suivi).

Les teneurs en plomb obtenues lors du suivi de 2014 sont légèrement inférieures à celles du suivi précédent pour toutes les stations (amplitude moyenne de variation égale à 0.6 mg/kg sec), excepté la station M07 où une hausse très faible de 0.2 mg/kg sec se note. La baisse la plus importante se constate au niveau de la station M09 avec une diminution de 1.2 mg/kg sec.

*Globalement, les teneurs en plomb sont relativement stables d'une année sur l'autre et bien inférieures au seuil de contamination alimentaire fixé à 7.5 mg/kg sec. Seule la station M01 (au Nord de la Darse 1) subit de grandes variations, avec un écart de valeur de 3.91 mg/kg sec entre les suivis de 2009 et de 2012.*



Figure 82 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le plomb dans les moules.

### 6.10.3. NORMALISATION

Les teneurs en plomb mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre le plomb et l'indice de condition.

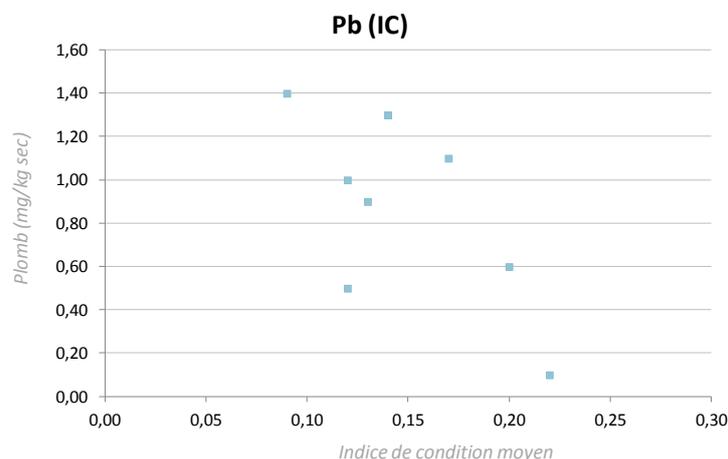


Figure 83 : Normalisation du plomb par l'indice de condition.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre le plomb et l'indice de condition au regard des données de 2014.

## 6.11. ZINC

### 6.11.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en zinc au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

Une forte variabilité spatiale s'observe pour les teneurs en zinc sur l'ensemble de la zone d'étude avec des valeurs considérées comme faibles à moyennes. Ces teneurs varient de 89 mg/kg sec au minimum (station M08) à 154 mg/kg sec au maximum (station M05; valeur néanmoins inférieure à celles observées lors du suivi de 2010). D'une façon générale, les teneurs en zinc les plus élevées se rencontrent au niveau des stations de la Darse 1 avec des valeurs légèrement au-dessus de 150 mg/kg sec; alors que les valeurs les plus faibles, inférieures à 100 mg/kg sec, se trouvent au niveau du canal St-Antoine (station M08) et au Sud de la Darse 2 (station M03).

La valeur médiane de la concentration en zinc (fixée à 139 mg/kg sec) issue des données Ifremer de 2003 à 2007 obtenu au niveau du point Anse de Carreau 2 est supérieure au seuil au niveau de deux stations les plus au Nord de la Darse 2 (stations M05 et M06).

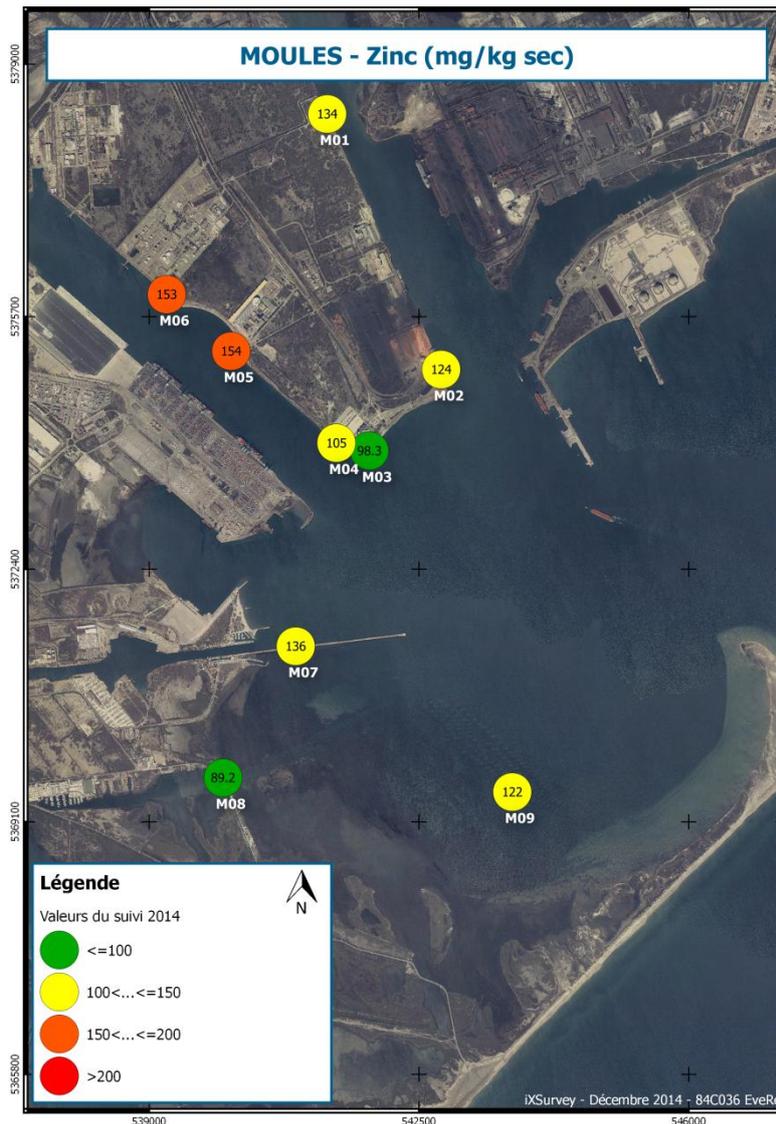


Figure 84 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour le zinc dans les moules.

### 6.11.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données de zinc pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne de zinc sur l'ensemble du suivi).

La comparaison des valeurs du suivi d'urgence 2013 avec celles de 2014 révèle une diminution de la concentration en zinc pour huit stations (stations M01, M02, M03, M04, M06, M07, M08 et M09) sur les neuf étudiées. La chute la plus importante se constate au niveau de la station M02 avec une diminution de 114 mg/kg sec. La concentration en zinc des sédiments superficiels au niveau de la station M05 subit une augmentation de 64 mg/kg sec.

Globalement, les teneurs moyennes en zinc indiquent un même niveau moyen de contamination sur l'ensemble de la zone d'étude.

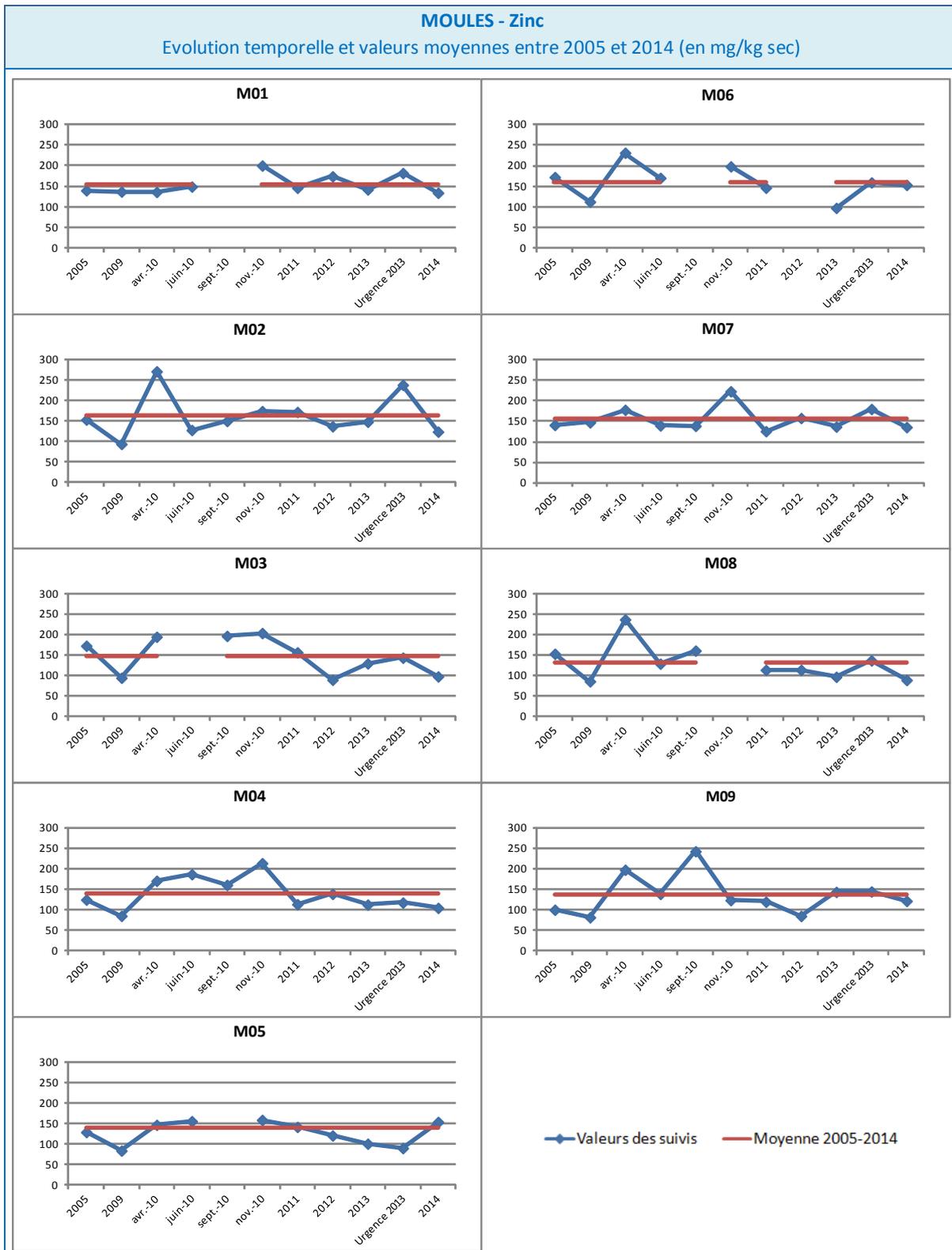


Figure 85 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour le zinc dans les moules.

### 6.11.3. NORMALISATION

Les teneurs en zinc mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre le zinc et l'indice de condition.

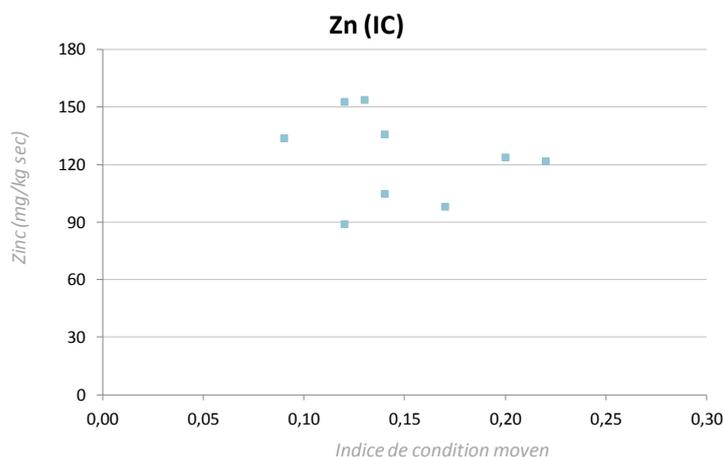


Figure 86 : Normalisation du zinc par l'indice de condition.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre le zinc et l'indice de condition au regard des données de 2014.

## 6.12. DIOXINES ET FURANNES

### 6.12.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en PCDD'F au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

Les teneurs en PCDD'F observées sur l'ensemble de la zone d'étude sont assez hétérogènes. Ces teneurs varient de 14 pg/g sec au minimum (station M03) à 70 pg/g sec au maximum (station M06). D'une façon générale, les teneurs en PCDD'F les plus élevées se rencontrent au niveau des stations Nord des deux Darses et au niveau du canal St-Louis, avec des valeurs supérieures à 26 pg/g sec; alors que les valeurs les plus faibles, inférieures à 20 pg/g sec, se trouvent au Sud, Sud-Ouest de l'Anse de Carteau (stations M08 et M09) ainsi qu'au niveau des stations M02 et M03 situées au Sud des Darses.

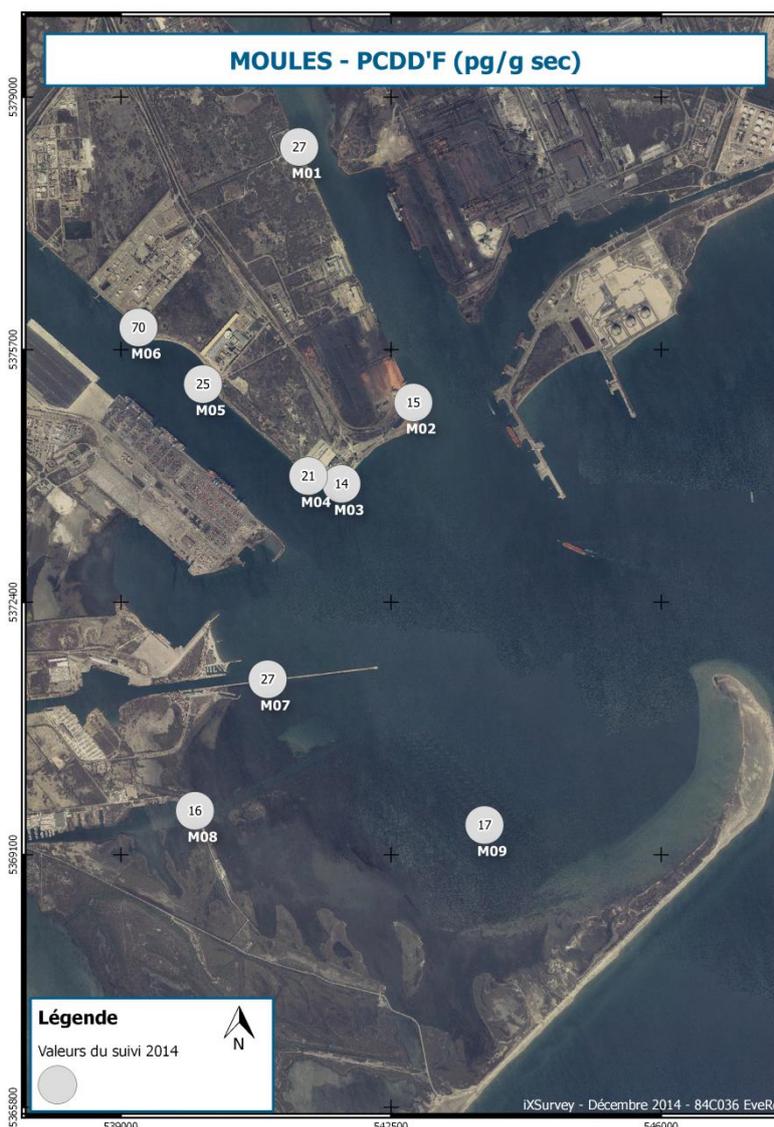


Figure 87 : Résultats des données issues du suivi 2014 pour les PCDD'F dans les moules.

## 6.12.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données des dioxines et des furannes pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne des PCDD'F sur l'ensemble du suivi).

La comparaison des valeurs du suivi d'urgence 2013 avec celles de 2014 révèle une diminution de la concentration en dioxines et furannes pour sept stations (stations M02, M03, M04, M05, M07, M08 et M09) sur les neuf étudiées. L'amplitude des diminutions est relativement faible avec une baisse maximale des teneurs en PCDD'F de 31 pg/g sec au niveau de la station M04 et une diminution minimale de 7 pg/g sec au niveau de la station M08.

Globalement, les teneurs en PCDD’F sont relativement stables et faibles depuis 2011 dans l’ensemble des stations. Seule la contamination de la station M06 semble augmenter (valeur passant de 9.27 pg/g sec en 2013 à 70.30 pg/p sec en 2014, valeur restant néanmoins largement inférieure à certaines valeurs qui ont pu être observées depuis le début du suivi).

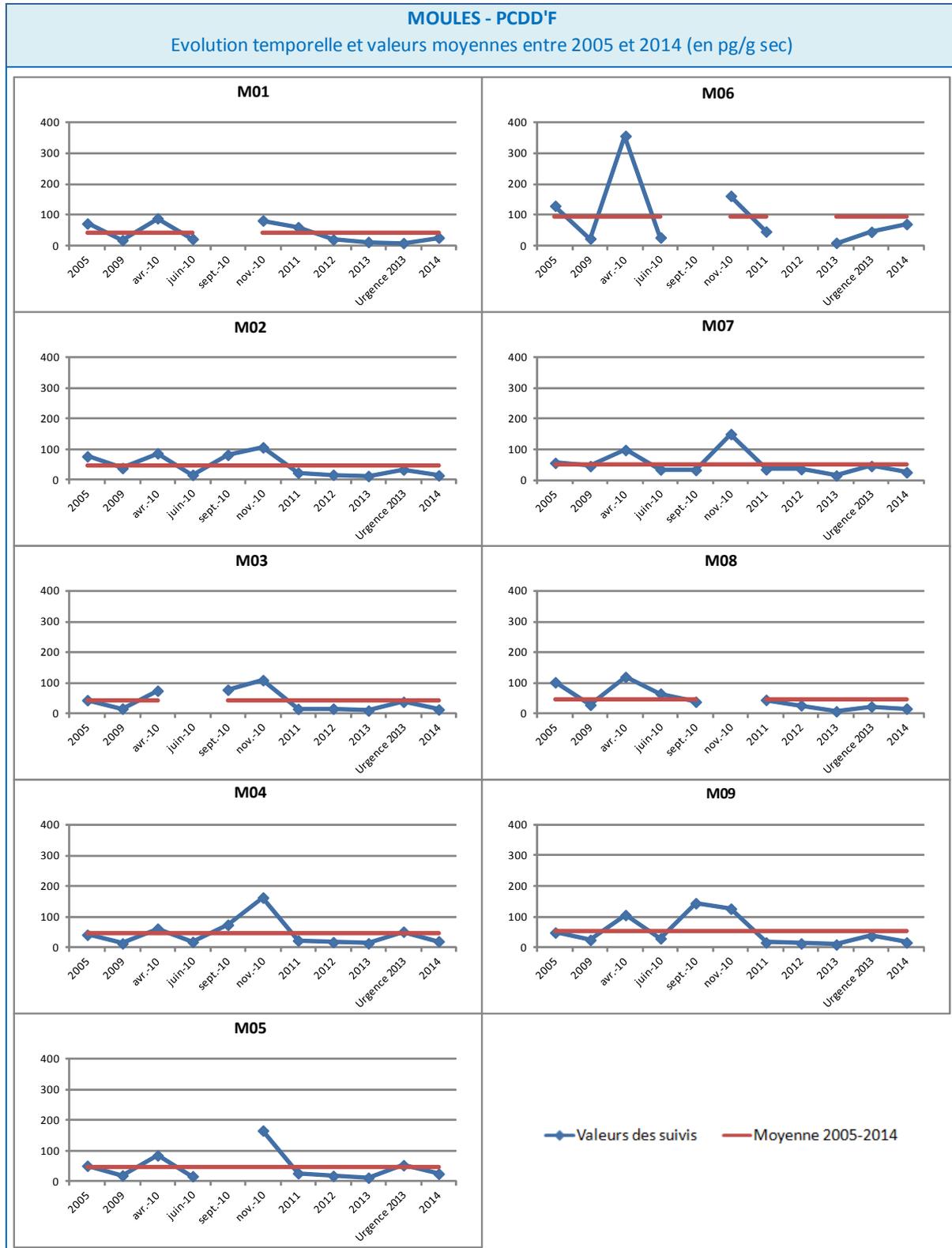


Figure 88 : Résultats des données issues depuis l’ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCDD’F dans les moules.

### 6.12.3. NORMALISATION

Les teneurs en dioxines et furannes mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre les PCDD'F et l'indice de condition.

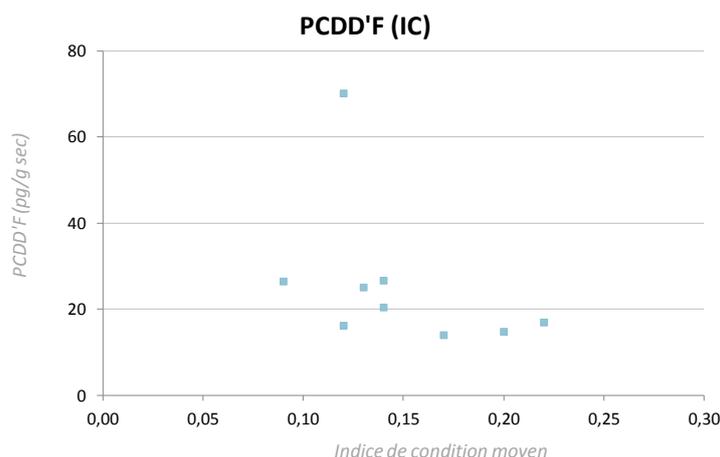


Figure 89 : Normalisation des PCDD'F par l'indice de condition.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre les PCDD'F et l'indice de condition au regard des données de 2014.

## 6.13. PCB INDICATEURS

### 6.13.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs en PCB indicateurs au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

Les teneurs en PCB indicateurs sont relativement élevées sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces teneurs varient de 36  $\mu\text{g}/\text{kg sec}$  au minimum (station M09) à 56  $\mu\text{g}/\text{kg sec}$  au maximum (station M01).

D'une façon générale, les teneurs les plus élevées se rencontrent au niveau des stations localisées dans les Darses (stations M02 et M06), au niveau des stations au Nord de l'Anse de Carteau (stations M03 et M04) ainsi qu'au niveau de la station du canal St-Antoine (station M08).

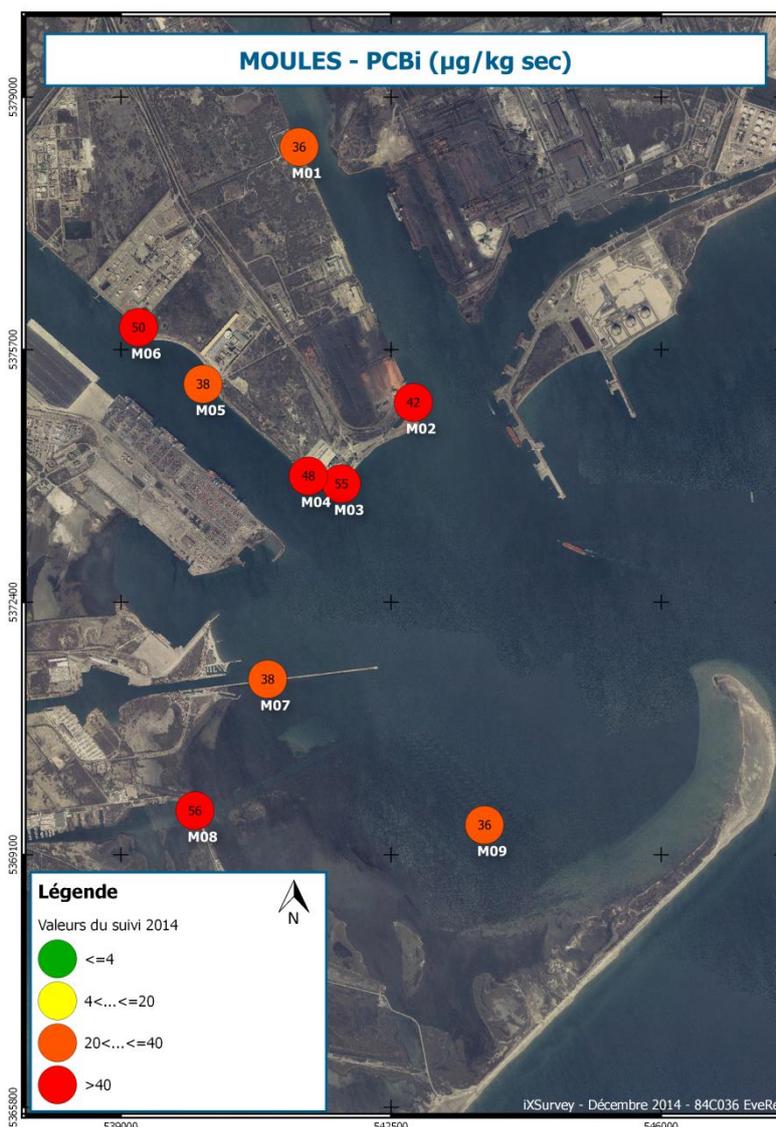


Figure 90 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour les PCBi dans les moules.

### 6.13.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données des PCB indicateurs pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne des PCBi sur l'ensemble du suivi).

La comparaison des valeurs du suivi d'urgence 2013 avec celles de 2014 révèle une hausse de la concentration en PCBi pour huit stations sur les neuf étudiées. L'amplitude des augmentations est néanmoins relativement faible avec une hausse maximale de  $31 \mu\text{g}/\text{kg sec}$  au niveau de la station M08 et une hausse minimale de  $7 \mu\text{g}/\text{kg sec}$  au niveau des stations M02 et M05. Il est à noter que l'intégralité des valeurs relevées lors du suivi 2014 sur l'ensemble des stations reste tout de même

inférieure aux valeurs maximales observées lors du suivi de 2013. Toutes les valeurs de fin 2013 et de 2014 sont inférieures à celles de septembre 2013.

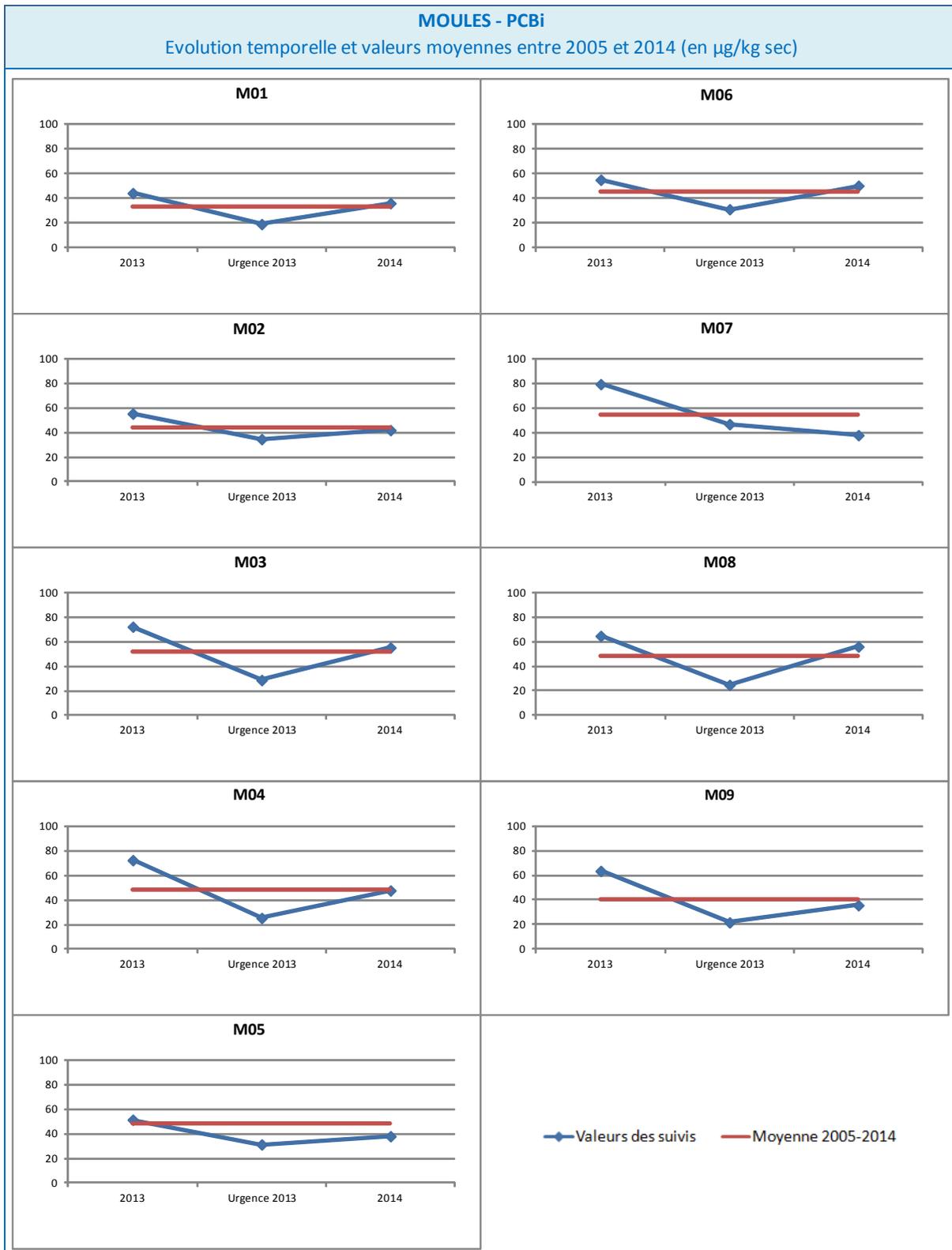


Figure 91 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCBi dans les moules.

Les PCB indicateurs ne sont étudiés que depuis la campagne de suivi de 2013. De ce fait, le peu de données collectées ne permet pas l'interprétation d'éventuelle tendance. Toutefois, les teneurs en PCB<sub>i</sub> semblent davantage fluctuer au niveau des stations au Nord (stations M03 et M04) et au Sud, Sud-Ouest de l'Anse de Carteau (stations M08 et M09), avec une amplitude moyenne entre les valeurs extrêmes supérieure à 40 µg/kg sec.

### 6.13.3. NORMALISATION

Les teneurs en PCB<sub>i</sub> mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre les PCB<sub>i</sub> et l'indice de condition.

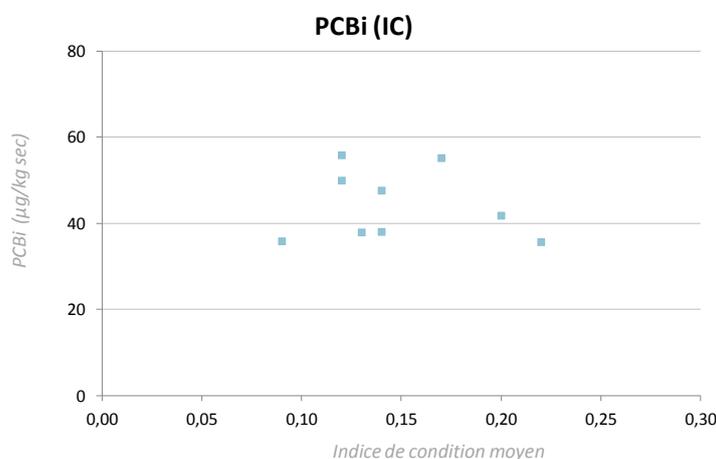


Figure 92 : Normalisation des PCB<sub>i</sub> par l'indice de condition.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre les PCB<sub>i</sub> et l'indice de condition au regard des données de 2014.

## 6.14. PCB-DL

### 6.14.1. RESULTATS DU SUIVI 2014

La figure suivante présente les valeurs des PCB-DL au niveau des neuf stations de prélèvement de matières vivantes obtenues lors du suivi 2014.

L'ensemble des teneurs en PCB-DL est relativement homogène sur l'ensemble de la zone d'étude avec des valeurs du même ordre de grandeur. Ces teneurs varient de 3 590 pg/g sec au minimum (station M09) à 5 530 pg/g sec au maximum (station M08).

D'une façon générale, les teneurs en PCB-DL les plus élevées (valeurs en PCB-DL supérieures à 5 000 pg/g sec) se rencontrent au niveau des stations Nord de l'Anse de Carteau (stations M03 et M04) et au niveau de la station du canal St-Antoine (station M08).



Figure 93 : Résultats des données issus du suivi 2014 pour les PCB-DL dans les moules.

### 6.14.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES PRECEDENTES

La figure suivante présente sous forme de graphique les résultats des données en PCB-DL pour chacune des stations depuis le début du suivi en 2005 (courbe bleue : valeur obtenue lors du suivi ; courbe rouge : valeur moyenne en PCB-DL sur l'ensemble du suivi).

L'ensemble des teneurs en PCB-DL obtenu lors du suivi de 2014 est voisine de celles de l'année précédente dans l'ensemble des stations. L'amplitude moyenne entre les valeurs de ces deux années de suivi est de 395 pg/g sec. La baisse la plus importante se note au niveau de la station M07 avec une teneur passant de 6 174 pg/g sec à 4 658 pg/g sec. L'ensemble des teneurs en PCB-DL de 2014 est inférieur aux valeurs moyennes de l'ensemble des suivis de chacune des stations.

Globalement, les teneurs en PCB-DL sur l'ensemble de la zone d'étude sont constantes depuis novembre 2011 et peuvent être considérées comme relativement faibles.

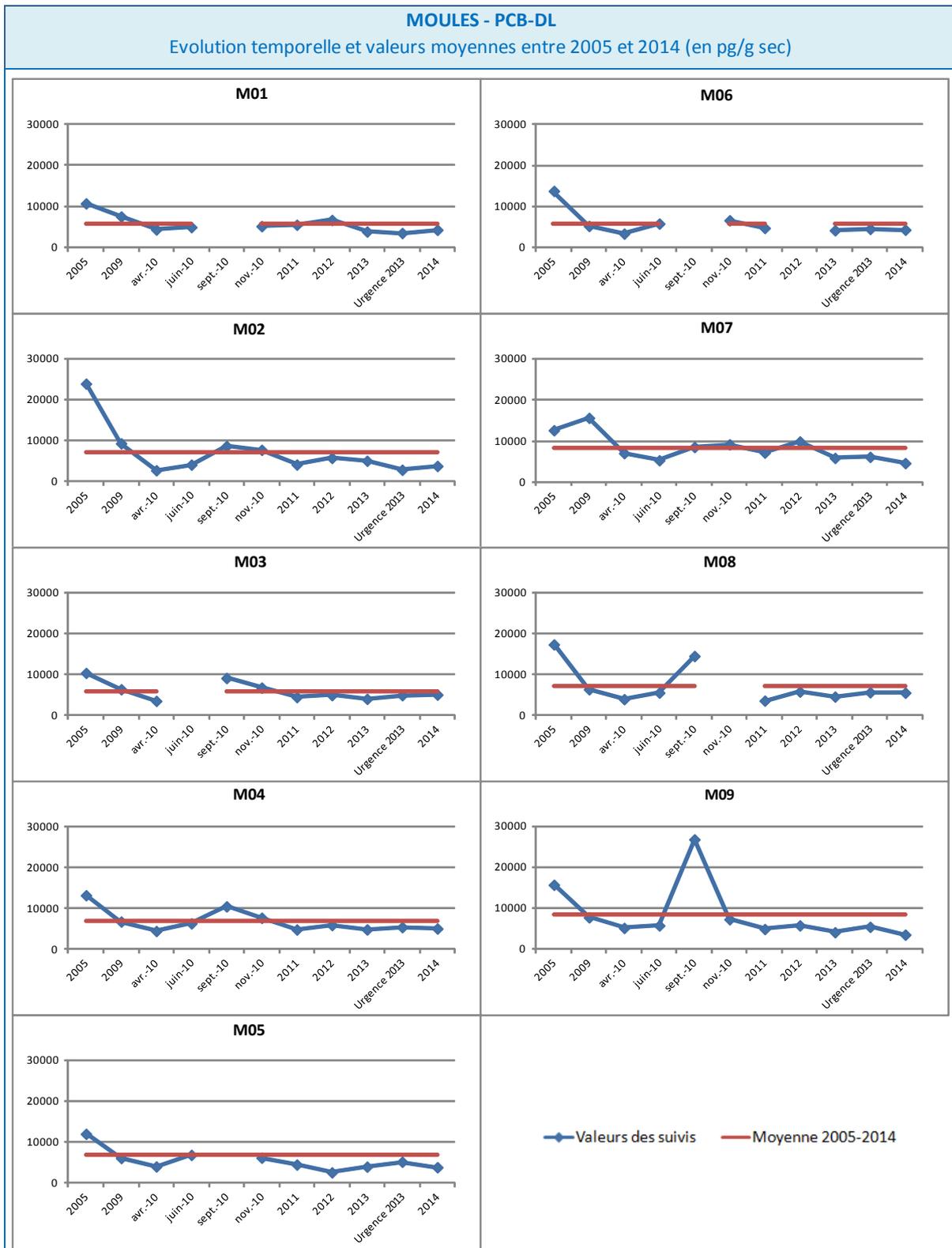


Figure 94 : Résultats des données issus depuis l'ensemble du suivi (2005-2014) pour les PCB-DL dans les moules.

### 6.14.3. NORMALISATION

Les teneurs en PCB-DL mesurées dans la chair des moules ont été normalisées par l'indice de condition physiologique moyen calculé pour chacune des stations.

La figure suivante présente la relation entre les PCB-DL et l'indice de condition.

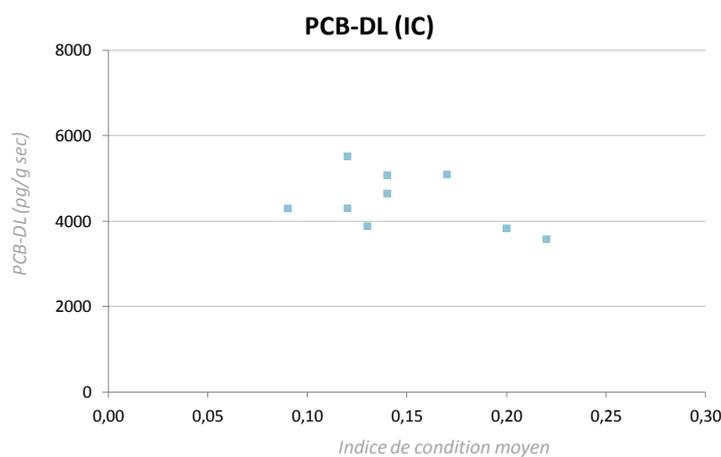
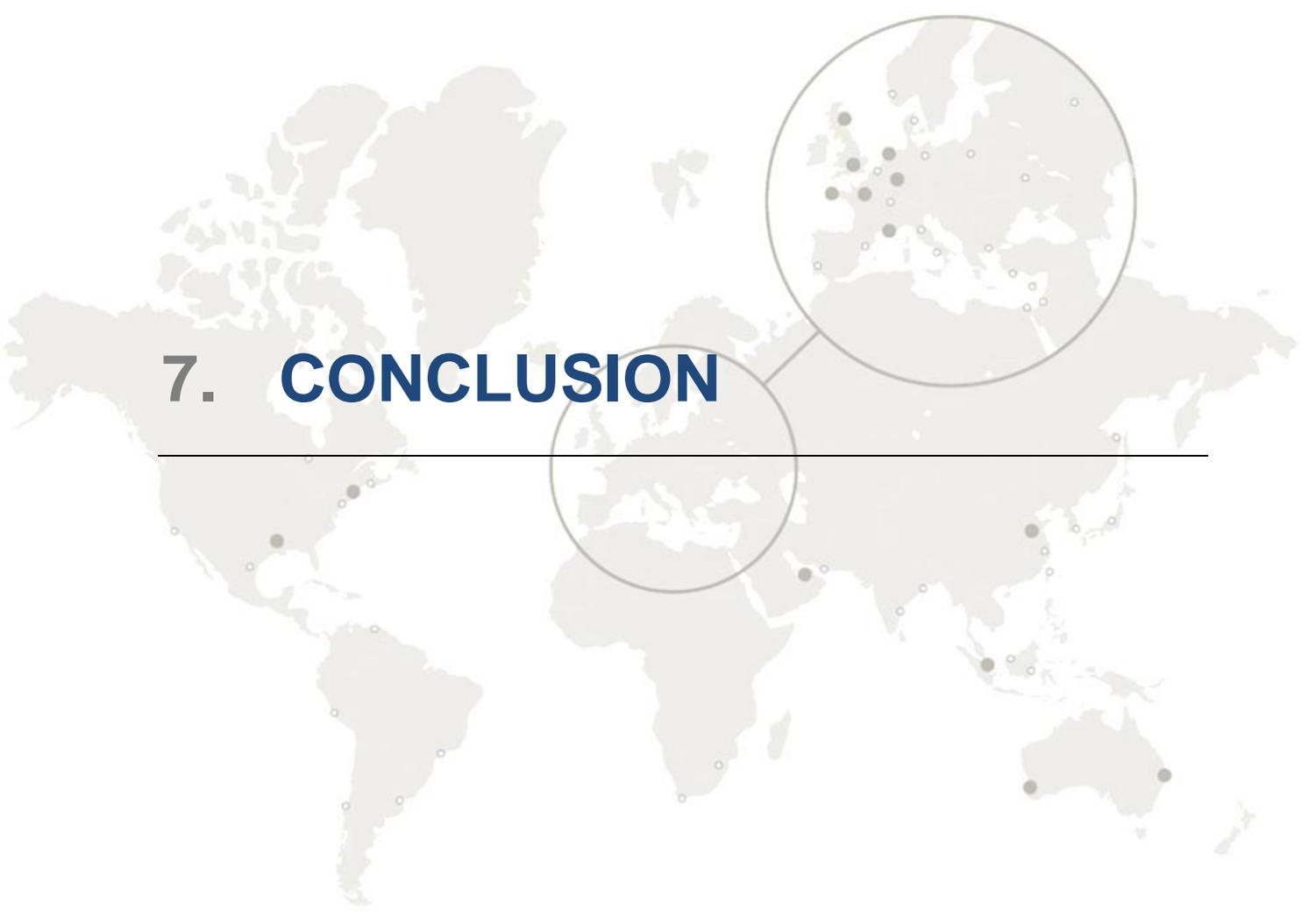


Figure 95 : Normalisation des PCB-DL par l'indice de condition.

Aucune corrélation marquée ne peut être mise en évidence entre les PCB-DL et l'indice de condition au regard des données de 2014.



A world map showing survey locations. The map is light gray with dark gray dots indicating survey sites. A large circle highlights a cluster of sites in Europe, and a smaller circle highlights a cluster in the Middle East. The text '7. CONCLUSION' is overlaid on the map.

## 7. CONCLUSION

---

L'analyse granulométrique des sédiments marins superficiels a permis d'identifier deux groupes de stations. En effet, les sédiments de six stations (stations ES1, ES2, ES3, ES4, ES5 et ES6) sont dominés à plus de 50% par les limons (2  $\mu\text{m}$  – 63  $\mu\text{m}$ ). Ces six stations, localisées au niveau des deux Darses présentes dans la zone d'étude, possèdent également le taux d'envasement le plus important (d'après Ibouily, 1981) en lien avec le pourcentage de fraction fine. Les sédiments des six autres stations (stations ES7, ES8, ES9, ES10, ES11 et ES12) sont dominés par les sables très fins à moyens (63  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$ ). Une quatrième classe de particules sédimentaires, à savoir les sables grossiers à très grossiers (500  $\mu\text{m}$  – 2 mm), a été observée uniquement dans ce groupe de stations.

Il est important de préciser que le pourcentage de fraction fine dans les sédiments de l'ensemble des stations a beaucoup fluctué au cours du temps, comme le démontre le changement de niveau dans la classification d'Ibouily, 1981.

Au regard des données issues de la campagne de 2014, les sédiments de la station ES2 située au Sud de la Darse 1 ont les teneurs en contaminants métalliques et organiques les plus élevées, et cela pour douze (12) contaminants étudiés sur quatorze (14). Il n'y a pas de station particulière qui se dégage dans l'ensemble de la zone d'étude où la concentration globale en contaminant serait la plus faible. En effet, la station ES7 se distingue des autres avec des valeurs inférieures à la limite de quantification pour huit (8) contaminants sur les quatorze (14) étudiés. Toutefois, les résultats de cette station semblent surprenants (probablement à cause d'un problème analytique) et leur interprétation doit rester prudente.

D'une façon générale en se basant sur l'ensemble des données depuis le début des campagnes de suivis, les sédiments de la Darse 1 (stations ES1 et ES2) ont des valeurs supérieures aussi bien en métaux lourds qu'en PCB ; alors que ceux à la sortie du canal St-Antoine et de l'étang de Gloria (stations ES8 et ES10) semblent plus épargnés. Cette observation est à mettre en lien avec la proportion de fraction fine qui est plus importante dans les sédiments de la Darse 1 et qui reflète la capacité d'accumulation des éléments hydrophobes dans les sédiments.

D'autre part, il est important de préciser que les teneurs de l'ensemble des contaminants mesurés lors de la campagne de 2014, dans la totalité des stations de la zone d'étude, sont inférieures au seuil N1 défini par l'Arrêté de 2006 (revu en 2014). Ces seuils ont été franchis ponctuellement pour le cuivre en ES1 en 2009 (lors de l'état zéro) et pour le chrome en ES2 en décembre 2013.

Au regard des données de l'ensemble des suivis et des seuils de référence, la qualité des sédiments marins superficiels dans l'environnement du centre de traitement multifilière des déchets ménagers de Fos-sur-Mer ne montre aucune évolution significative qui puisse être en lien direct avec les activités du centre ou avec l'incendie qui s'est produit le 2 novembre 2013.

➤ **LA MATIERE VIVANTE**

Au regard des données issues de la campagne de 2014, les teneurs des différents contaminants métalliques et organiques dans la chair des moules de l'ensemble des stations sont restées relativement stables, notamment pour l'arsenic, le chrome, le mercure, les dioxines et furannes, les PCB indicateurs et les PCB-DL.

Les teneurs de l'ensemble des contaminants dans l'intégralité de la zone d'étude révèlent des valeurs dans les moules plus faibles au Sud de l'Anse de Carteau (principalement station M09). Toutefois, il est important de préciser que les valeurs de mercure et de PCB-DL les plus élevées sont enregistrées au niveau de la station M08. La localisation de la zone la plus impactée est plus difficile à déterminer suite à une alternance des valeurs les plus élevées dans cinq stations (stations M01, M05, M06, M07 et M08). Des diminutions notables de teneurs en arsenic, en cadmium et en plomb se notent au niveau de la station M09 suite aux teneurs de 2014 qui sont inférieures aux seuils de quantification fixés par le laboratoire d'analyse.

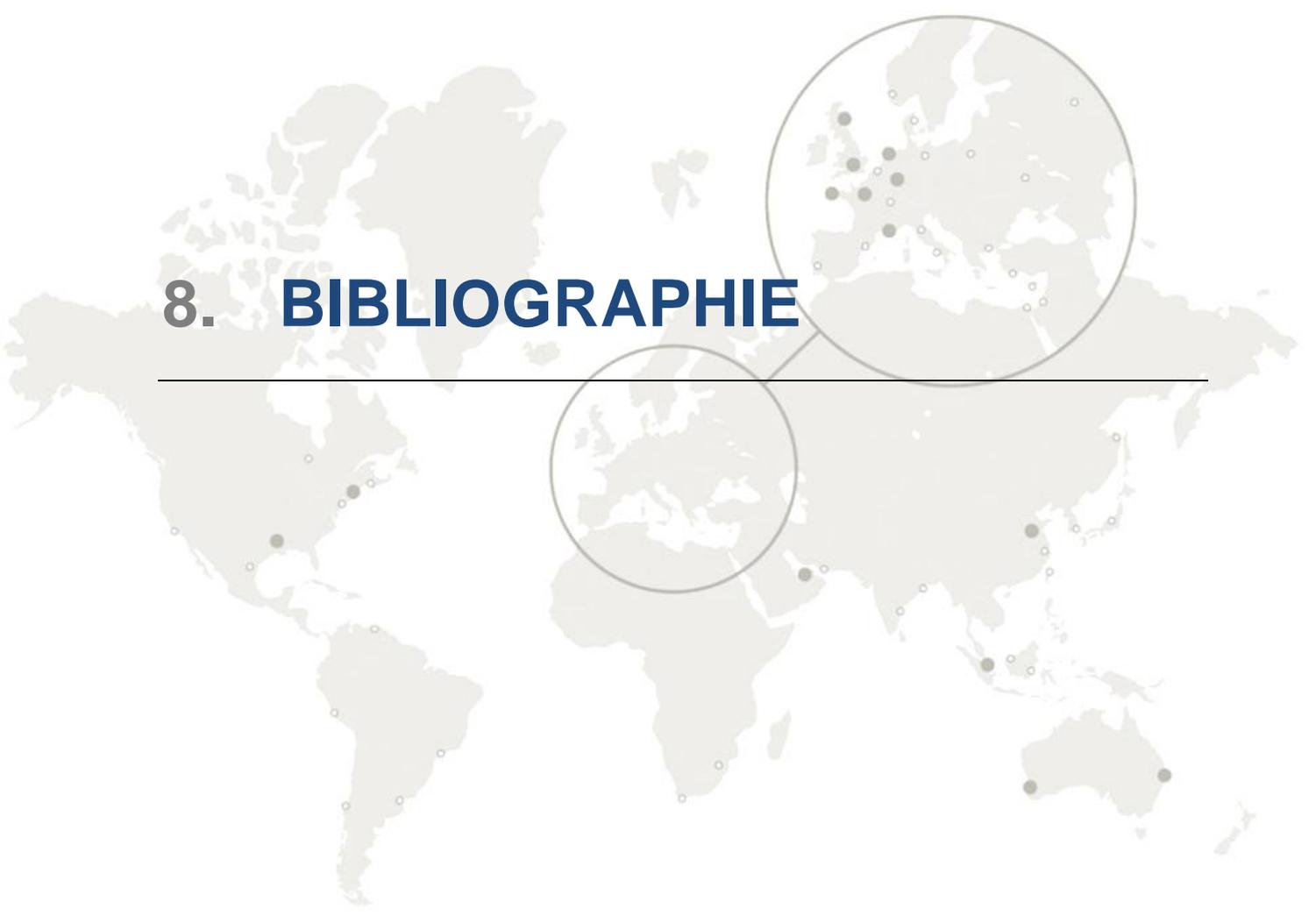
D'une façon générale en se basant sur l'ensemble des données depuis le début des campagnes de suivis, les moules se développant dans la Darse 1 (principalement station M01) ont des concentrations plus élevées aussi bien en métaux lourds qu'en PCB ; alors que celles au niveau des tables mytilicoles (station M09) semblent moins touchées.

Contrairement aux données sédimentaires, il apparaît que la concentration en éléments métalliques et organiques dans la chair des moules au niveau des stations de la Darse 2 est davantage prononcée, ce qui est une constante depuis le début du suivi y compris depuis l'état zéro de 2009. Il est de plus à noter que l'ensemble des valeurs observées en 2014 sur les stations de la Darse 2 restent du même niveau, voire sont inférieures (comme pour les PCDD'F et PCB-DL), aux valeurs observées lors de l'état zéro de 2009.

D'autre part, il est important de préciser que les teneurs de l'ensemble des contaminants mesurées dans la chair des moules lors de la campagne de 2014, dans la totalité des stations de la zone d'étude, sont inférieures aux seuils réglementaires européens n°466/2001 fixant les teneurs maximales en contaminants dans les denrées alimentaires.

☞ *Au regard des données de l'ensemble des suivis, des valeurs de comparaison d'Ifremer et des seuils réglementaires fixés dans les denrées alimentaires, la qualité de la matière vivante dans l'environnement du centre de traitement multifilière des déchets ménagers de Fos-sur-Mer ne montre aucune évolution significative qui puisse être en lien direct avec les activités du centre ou avec l'incendie qui s'est produit le 2 novembre 2013.*

---

A light gray world map is centered on the page. Two circular callouts are overlaid on the map: one over Europe and one over North America. The text '8. BIBLIOGRAPHIE' is superimposed on the map, with a horizontal line extending from the end of the word 'BIBLIOGRAPHIE' across the width of the page.

## 8. BIBLIOGRAPHIE

---

CABINET RAMADE GERIM, Juin 2013. Centre de traitement multifilière de déchets ménagers de Fos-sur-Mer EVERE – Suivi du milieu marin année – Rapport année 2012. P144.

CABINET RAMADE GERIM, Mai 2011. Centre de traitement multifilière de déchets ménagers de Fos-sur-Mer EVERE – Suivi du milieu marin année – Rapport année 2010. P138.

CABINET RAMADE GERIM, Mai 2013. Centre de traitement multifilière des déchets ménagers de Fos-sur-Mer EVERE – Suivi du milieu marin année – Rapport et annexes année 2011. P104.

CREOCEAN, Mars 2014. Suivi d'urgence suite à l'incendie du 02/11/2013 sur le centre de traitement multifilière des déchets ménagers de Marseille Provence Métropole à Fos-sur-Mer. P184.

IBOULY G., 1981. Etude sédimentologique de la rade de Marseille (Bouches du Rhône). Thèse de spécialité, Université de Provence. P130.

Licari M.-L., 1998. Mise au point d'un Système d'aide à l'interprétation des données benthiques en milieu marin et lagunaire. P317.