



Département Océanographie et Dynamisme des Ecosystèmes – Unité « Littoral »  
Laboratoire Environnement Ressources Provence Azur Corse

Marc Bouchoucha, Corinne Tomasino, Christophe Brach-Papa

Août 2018

# RAPPORT DE SYNTHÈSE DE LA CAMPAGNE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ CHIMIQUE DES SEDIMENTS (ROCCHSED) 2016 EN MÉDITERRANÉE



## Fiche documentaire

<b>Titre du rapport :</b> Rapport de synthèse de la campagne d'évaluation de la qualité chimique des sédiments (ROCCHSED) 2016 en Méditerranée	
<b>Référence interne</b> RST.ODE / UL / LER-PAC / 18-07 <b>Diffusion :</b> <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet) <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle)	<b>Date de publication :</b> Août 2018 <b>Version :</b> 1.0.0  <b>Référence de l'illustration de couverture</b>  <b>Langue(s) :</b> Française
<b>Résumé/ Abstract :</b> En 2016, des prélèvements de de sédiments ont été réalisés sur 54 stations en mer réparties le long de la façade méditerranéenne française au cours de la campagne ROCCHSED 16. Les contaminants organiques et métalliques ont été analysés conformément aux directives réglementaires et aux objectifs de bassin. Les résultats sont fournis dans ce rapport	
<b>Mots-clés/ Key words :</b> Contamination chimique, sédiment, Mer Méditerranée / Chemical contamination, sediment, Mediterranean sea	
<b>Commanditaire du rapport :</b> Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse	
<b>Nom / référence du contrat :</b> <input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif	
<b>Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit</b> (programme européen, campagne, etc.) :	
<b>Auteur(s) / adresse mail</b>	<b>Affiliation / Direction / Service, laboratoire</b>
Marc Bouchoucha / Marc.Bouchoucha@ifremer.fr	ODE/UL.LER-PAC
Corinne Tomasino / Corinne.Tomasino@ifremer.fr	ODE/UL.LER-PAC
Christophe Brach-Papa / Christophe.Brach.Papa@ifremer.fr	ODE/UL.LER-PAC
Encadrement(s) : Marc Bouchoucha	
Destinataire : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	
<b>Validé par :</b> Christophe Brach-Papa	



## Table des matières

1	Problématique générale, contexte national et international .....	7
2	Objectifs de la campagne ROCCHSED 16.....	9
3	Résultats .....	13
3.1	Des molécules non retrouvées avec la méthode d'analyse utilisée.....	13
3.2	Normalisation des résultats et grilles d'interprétation.....	15
3.3	Distribution de la contamination métallique .....	16
3.3.1	Plomb .....	17
3.3.2	Mercure .....	18
3.3.3	Cadmium.....	19
3.3.4	Chrome.....	20
3.3.5	Cuivre.....	21
3.3.6	Nickel.....	22
3.3.7	Zinc .....	23
3.4	Bilan des mesures de métaux dans les sédiments de la campagne ROCCHSED 2016 .....	24
3.5	Distribution de la contamination organiques.....	24
3.5.1	Benzo(a)pyrène (HAP) .....	25
3.5.2	Fluoranthène (HAP).....	26
3.5.3	Acénaphène (HAP) .....	27
3.5.4	Acénaphylène (HAP) .....	28
3.5.5	Benzo(a)anthracène (HAP) .....	29
3.5.6	Benzo(g,h,i)pérylène (HAP) .....	30
3.5.7	Chrysène (HAP).....	31
3.5.8	Phénanthrène (HAP) .....	32
3.5.9	Pyrène (HAP).....	33
3.5.10	PCB 153 (PCB).....	34
3.6	Bilan des mesures de contaminants organiques dans les sédiments de la campagne ROCCHSED 2016 .....	35
3.7	Distribution de la toxicité du sédiment.....	35
4	Synthèse .....	37



# 1 Problématique générale, contexte national et international

L'océan, composante fondamentale du système Terre, est essentiel à l'activité de l'Homme parce qu'il fournit des ressources vivantes, notamment dans la zone côtière, la plus riche et la plus productive, mais également la plus menacée, en termes d'aménagements, de pollutions, de surexploitation des ressources. A ce titre, l'Ifremer, organisme de recherche et de développement technologique finalisé est chargé « *d'améliorer les méthodes de surveillance, de prévision d'évolution, de protection et de mise en valeur du milieu marin et côtier* ». Les besoins de surveillance sont définis par des politiques publiques, essentiellement construites aux échelles nationale et européenne.

La mise en œuvre des différentes politiques nationales de surveillance des eaux littorales s'appuie en partie sur les réseaux de surveillance mis en place par l'Ifremer, ROCCH et RINBIO<sup>1</sup> pour la surveillance des contaminants chimiques, REPHY pour la surveillance du phytoplancton, des paramètres physico-chimiques dans l'eau et des phycotoxines dans les coquillages, REMI pour la surveillance microbiologique dans les coquillages, REBENT pour la surveillance de la faune et de la flore benthiques, IGA pour le suivi spécifique des eaux de rejets des centrales nucléaires.

## *Le suivi chimique dans le cadre de la DCE*

Le suivi chimique dans le cadre de la DCE était au départ prévu dans l'eau exclusivement. Toutefois, l'arrêté du 29 juillet 2011 a introduit des modifications dans le contexte réglementaire de la surveillance chimique, en particulier le suivi des tendances de la contamination. Il s'appuie sur un rapport réalisé par l'Ifremer pour le compte de l'Onema (actuellement Agence Française pour la Biodiversité – AFB) (Claisse D., 2009. Adaptation de la surveillance chimique pour la DCE conformément à la directive fille 2008/105/CE) dont l'objectif est d'améliorer l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau. Ce rapport recommande de baser la surveillance chimique non plus sur des analyses dans l'eau mais dans des matrices intégratrices de la contamination (sédiment, coquillages), au moins pour les substances hydrophobes.

## *Le réseau ROCCH et les campagnes ROCCHSED*

Depuis 2008, le Réseau d'Observation de la Contamination CHimique du littoral (ROCCH) a pris la suite du RNO (Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin) qui existait depuis 1974. Le ROCCH a pour objectif de répondre aux obligations nationales, communautaires et internationales de surveillance chimique. La colonne vertébrale du ROCCH est l'application de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) et la réponse aux obligations des Conventions OSPAR et de Barcelone. La décentralisation étant inscrite dans la DCE, le ROCCH est passé d'un maître d'ouvrage unique (le Ministère chargé de l'environnement) à de multiples donneurs d'ordres (agences de l'eau, DIREN, etc.). Les analyses chimiques ne sont plus confiées à l'Ifremer mais attribuées sur appels d'offres des maîtres d'ouvrage. La surveillance est effectuée via les organismes vivants (mollusques filtreurs) et les sédiments.

Le principe de la surveillance de la contamination chimique dans le sédiment repose sur la propriété que possèdent de nombreux contaminants chimiques de se fixer d'une manière quasi-irréversible à la

<sup>1</sup> Le Réseau Intégrateur BIOlogique (RINBIO) est spécifique à la Méditerranée.

surface des particules qui sédimentent. En fonction des vitesses de sédimentation, des remises en suspension, de la bioturbation, etc., le premier centimètre superficiel des sédiments peut intégrer plusieurs années de contamination. Dans ces conditions, il n'est pas nécessaire de visiter fréquemment un même lieu. Ainsi, jusqu'en 2006, une campagne annuelle (RNOSED...) portant sur des façades différentes chaque année était réalisée dans un cycle permettant de couvrir l'ensemble du littoral en dix ans. A partir de 2007, dans le cadre du ROCCH, la fréquence du suivi est passée à une fois tous les six ans (campagnes ROCCHSED...), correspondant à un plan de gestion de la DCE. Les contaminants recherchés sont les mêmes que dans la matière vivante, accompagnés des paramètres descriptifs et normalisateurs propres à cette matrice, tels que granulométrie, carbone organique, carbonates, aluminium, fer, lithium, manganèse. Jusqu'en 2006, sur quelques points sélectionnés, des carottes profondes ont été prélevées et découpées en de nombreuses couches (horizons). L'analyse des contaminants dans chacun de ces horizons et leur datation permet de retracer l'historique de la contamination sur plusieurs dizaines d'années.

Récemment, la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) a vu le jour, et comprend notamment un programme de surveillance qui met en œuvre en partie le compartiment sédimentaire. Ainsi, il y a mutualisation des stratégies entre les différentes directives et obligations réglementaires, ce qui fait que les données acquises dans ROCCHSED seront dorénavant également rapportées à l'Europe dans le cadre de la DCSMM.

Enfin, la France est signataire de Conventions des mers régionales, pour lesquels elle est tenue de fournir des données de surveillance, dont celles mettant en œuvre le compartiment sédimentaire. Ainsi, nous envoyons des données aux bases de données OSPAR quand elles concernent l'Atlantique Nord et la Manche, et MEDPOL quand elles concernent la Méditerranée Occidentale.

### *L'écotoxicologie dans les sédiments - le réseau REMTOX*

L'étude de la toxicité d'un échantillon sédimentaire provenant du milieu naturel repose sur la présence dans le sédiment d'une ou de plusieurs substances potentiellement toxiques pouvant provoquer un effet biologique négatif sur la biocénose environnante. La caractérisation chimique détermine la nature (et la quantité) de tel ou tel contaminant, alors que la caractérisation écotoxicologique vise à déterminer l'effet biologique de l'échantillon sur une espèce de référence caractéristique du milieu étudié, en s'affranchissant des paramètres de contamination. La première approche mesure un niveau, la deuxième un impact. Ces deux approches sont complémentaires. Les larves et embryons de bivalves sont parmi les organismes cibles les plus employés pour les tests écotoxicologiques en raison de leur forte sensibilité aux contaminants.

Dans le cadre de la politique littorale de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, un réseau basé sur l'évaluation de la toxicité des sédiments (bio-essai larves d'huîtres) a été mis en œuvre à l'échelle de la façade en 2009 sur la base de l'échantillonnage ROCCHSED dédiée à la DCE en Méditerranée (cf. tableau ci-après). L'objectif était de mettre en œuvre cette approche écotoxicologique sur chaque masse d'eau du contrôle de surveillance pour éventuellement identifier des perturbations, à travers une méthode d'analyse globale non spécifique vis à vis des micropolluants : prise en compte de l'effet global des contaminants présents, des interactions entre composés, de leurs biodisponibilités, sans considérer leur nature et leurs concentrations.

Ce réseau a été intégré au Programme de Surveillance de la DCSMM pour contribuer au volet effet des contaminants chimiques du descripteur 8 de cette directive.



## 2 Objectifs de la campagne ROCCHSED 16

La campagne ROCCHSED 16 est la 21<sup>ème</sup> campagne « moderne » dédiée à la surveillance chimique du littoral via les sédiments. Elle est à mettre en parallèle avec les campagnes précédentes étudiant la même région, à savoir :

- RNOSED 94 & 95
- RNOSED 04 & 05
- ROCCHSED 10 & 11

Les objectifs sont de déterminer la teneur en contaminants sélectionnés dans les sédiments de surface de chaque masse d'eau de la DCE et de réaliser l'étude de la toxicité de ces échantillons.

### Stratégie de l'étude et méthodologie

La campagne d'échantillonnage s'est déroulée du 12 au 23 avril 2016, à bord du navire océanographique L'Europe, selon le calendrier suivant :

12/04	Embarquement au port de La Seyne sur mer. Transit vers Banyuls
13/04	Carottages de Banyuls à Sète
14/04	Carottages de Sète à Marseille
15/04	Carottages de Marseille à Hyères
16/04	Carottages de Hyères à Nice
17/04	Escale à Nice
18/04	Escale à Nice ; transit vers le Cap Corse
19/04	Carottages au Cap Corse
20/04	Carottages de Bastia à Porto-Vecchio
21/04	Carottages de Porto-Vecchio à Ajaccio
22/04	Carottages d'Ajaccio à Calvi. Transit vers La Seyne sur mer.
23/04	Débarquement

Les prélèvements ont été effectués à l'aide du petit carottier Reineck après positionnement précis du navire support. Une fois le carottier remonté à bord, la boîte a été extraite et transportée dans le laboratoire, hors poussière, où la fraction supérieure (1 cm superficiel) a été prélevée et sous échantillonnée pour diverses analyses ultérieures (teneur en eau, granulométrie, contaminants métalliques, contaminants organiques, écotoxicologie). Suivant la disponibilité en matériel fin, le carottier a pu être envoyé plusieurs fois après repositionnement systématique du navire. La position des stations de prélèvements est fournie dans la figure ci-dessous.

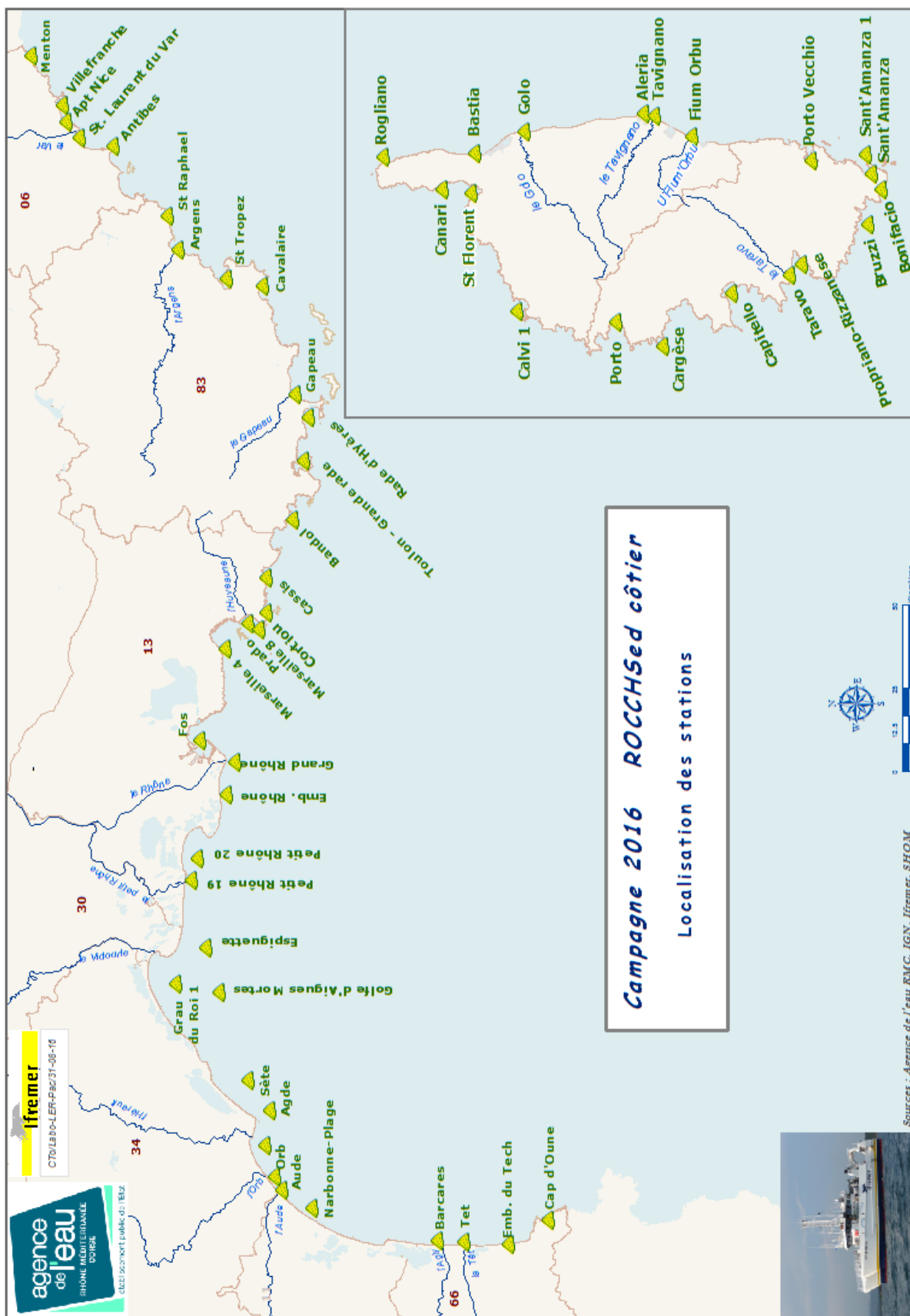


Figure 1 : Plan d'échantillonnage de la campagne ROCCHSED 16

Les analyses des contaminants chimiques ont été réalisées dans les laboratoires suivants :

- les métaux sont été analysés au laboratoire LBCM de l’Ifremer, unité BE, laboratoire accrédité COFRAC pour ce type d’analyse,
- les contaminants organiques ont été analysés au laboratoire de Rouen, groupe ALPA,
- les tests d’écotoxicologie ont été réalisés à l’Institut Pasteur.

Les sédiments ont une composition variable qui influe sur la teneur en contaminants pour une exposition donnée. Ainsi, parmi les facteurs naturels susceptibles de faire varier les concentrations en métaux trace d’un sédiment, la granulométrie est sans doute le plus important. Plus la taille des grains qui composent le sédiment est faible, plus sa surface par unité de masse est grande, et donc plus sa capacité à fixer les métaux présents dans le milieu est forte. Pour qu’un échantillon soit valide et que les résultats soient exploitables, il est nécessaire que sa richesse en matériel fin soit suffisamment importante. Les conventions des mers régionales MEDPOL et OSPAR recommandent un minimum de 20% de matériel fin. Pour notre part, nous considérons qu’un minimum de 5% de particules de taille nominale inférieure à 63  $\mu\text{m}$  est exploitable. Les analyses granulométriques ont été effectuées dès le retour de campagne.

D’autres facteurs comme la composition minéralogique interviennent également dans des proportions non négligeables sur la teneur en contaminants métalliques. Ainsi, les minéraux argileux sont plus riches en métaux qu’un sable siliceux. Ceci est dû en grande partie à la granulométrie qui donne à l’argile une surface d’échange beaucoup plus grande que celle du sable. Dans ces conditions, l’examen des concentrations brutes dans un sédiment est illusoire et l’utilisation d’un outil permettant de compenser *a minima* les variations de granulométrie s’avère indispensable pour comparer les résultats obtenus à différentes stations. L’une des plus intéressantes consiste à étudier les variations de concentrations en métaux en fonction d’un paramètre indicateur de la granulométrie ou de toute autre propriété susceptible de les expliquer. Sous nos latitudes, la concentration en aluminium est un excellent « proxy » de la teneur en argiles dans le sédiment et reflète bien son pouvoir adsorbant. C’est pourquoi elle est utilisée pour « normaliser » les concentrations en métaux dans le sédiment. Tout ceci n’est cependant pas vrai pour les contaminants organiques qui s’associent préférentiellement à la matière organique présente dans le sédiment. Aussi le carbone organique particulaire est-il généralement utilisé comme paramètre représentatif du pouvoir adsorbant du sédiment vis à vis des contaminants organiques.



## 3 Résultats

Les analyses des métaux, contaminants organiques, de la granulométrie et des paramètres d'accompagnement ont été effectuées durant l'année 2016.

### 3.1 Des molécules non retrouvées avec la méthode d'analyse utilisée

Sur les 122 molécules ou congénères recherchés, les méthodes d'analyses proposées n'ont pas permis d'en quantifier 40 (Tableau 1).

Tableau 1 : Liste des molécules ou congénères présentant des concentrations inférieures aux limites de quantification des méthodes utilisées.

N° DCE	Nom de la substance	limite de quantification
5	<b>PBDE</b> : BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153, BDE 154	1000 ng.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
43	Hexabromocyclododécanes (HBCDD)	20 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
	<b>chlorobenzènes</b> :	
16	Hexachlorobenzène	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
31	Trichlorobenzènes (123, 124, 135)	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids humide)
26	Pentachlorobenzène	10 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
9 bis	<b>Pesticides cyclodiènes</b> : dieldrine, endrine, isodrine	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
	<b>Herbicides</b> :	
1	Alachlore	10 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
3	Atrazine	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
13	Diuron	10 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
19	Isoproturon	10 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
29	Simazine	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
33	Trifluraline	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
27	pentachlorophénol	10µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
8	Chlorfenvinphos	1µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
7	Chloro-alcanes (C10-13)	10 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
17	Hexachlorobutadiène	10 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
4	Benzène	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids humide)
6 bis	tétrachlorure de carbone	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids humide)
10	1,2-dichloroéthane	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids humide)
11	Dichlorométhane	40 µg.kg <sup>-1</sup> (poids humide)
29 ter	Trichloroéthylène	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids humide)
32	Trichlorométhane	1 µg.kg <sup>-1</sup> (poids humide)
34	Dicofol	10µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
35	Acide perfluorooctanesulfonique (PFOS)	20 µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
36	Quinoxifène	10µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
44	Heptachlore et époxydes d'heptachlore	1µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
39	Bifénox	10µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
40	Cybutryne	10µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
41	Cyperméthrine	10µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
38	Aclonifène	10µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)
45	Terbutryne	1µg.kg <sup>-1</sup> (poids sec)

*en italique* : solvants halogénés. Résultats exprimés par référence au poids humide.

Par ailleurs, certaines molécules n'ont été que très rarement quantifiées :

- aldrine : 1 fois à Bonifacio (LQ =  $1\mu\text{g.kg}^{-1}$  poids sec) ;
- chlopyriphos éthyl quantifié une seule fois (Bonifacio) avec une limite de quantification à  $1\mu\text{g.kg}^{-1}$  (poids sec) ;
- les endosulfan alpha et bêta dosés une seule fois respectivement en baie de Marseille et face à l'émissaire de Cortiou, avec une limite de quantification à  $1\mu\text{g.kg}^{-1}$  (poids sec) ;
- HCH alpha (LQ =  $0.1\mu\text{g.kg}^{-1}$  poids sec) quantifié à Cortiou et dans le golfe d'Aigues Mortes et HCH gamma (lindane, LQ =  $0.1\mu\text{g.kg}^{-1}$  poids sec) quantifié à Cortiou, au large du grand Rhône et devant le Gapeau.

Ce constat nous amène à nous interroger à la fois sur l'occurrence de ces molécules dans le milieu marin, l'existence de capacités analytiques actuellement mobilisables pour des suivis à cette échelle mais également sur la pertinence des suivis exhaustives de molécules sur l'ensemble des stations de la campagne. Une évolution du réseau ROCCHSED pourrait être de définir deux types de stations : des **stations historiques** où un suivi d'un nombre restreint de molécules permettraient d'apprécier leur évolution et un réseau de **stations sentinelles** permettant de surveiller l'apparition de nouvelles molécules. La mise en œuvre d'un tel réseau de stations sentinelles pourrait s'appuyer sur des partenariats avec des laboratoires disposant de techniques analytiques de pointe. Une évolution comparable a été proposée pour la campagne RINBIO et mis en place en 2018.

### 3.2 Normalisation des résultats et grilles d'interprétation

De façon générale, les sédiments prélevés étaient fins, formant ainsi de bons témoins de la teneur ambiante en contaminants chimiques (cf. figure ci-après).

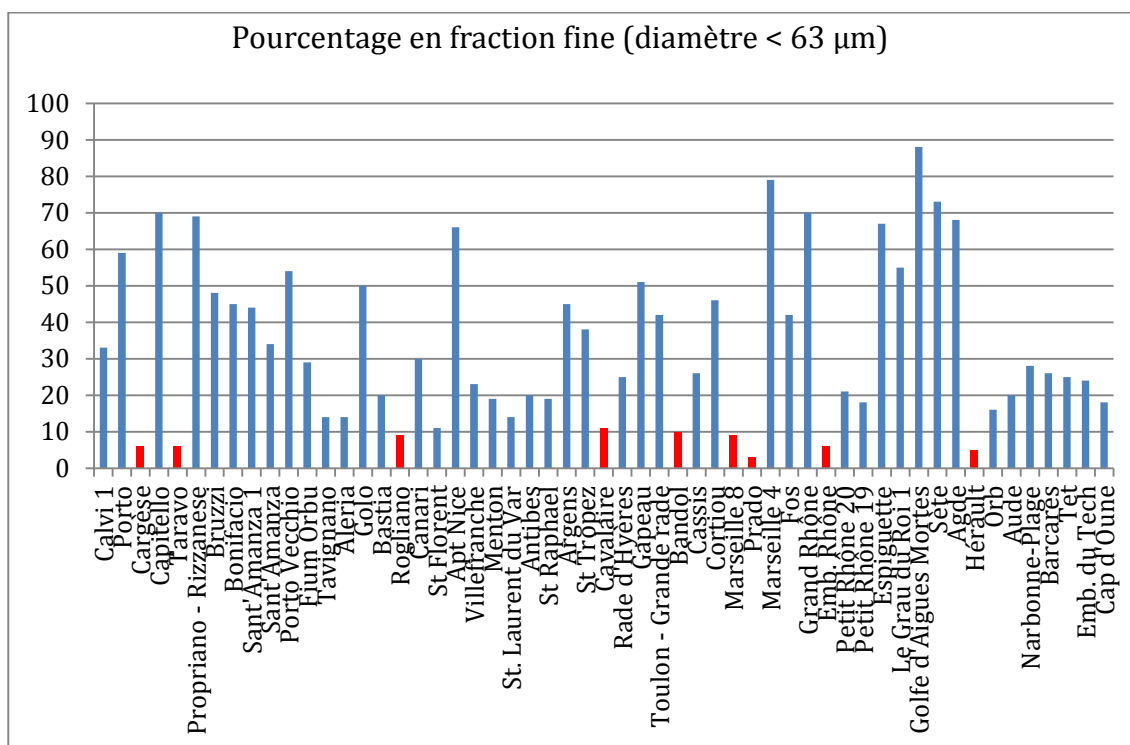


Figure 2 : Teneur en particules fines (<63µm) dans les sédiments collectés

Néanmoins, certains échantillons à fraction fine trop faible (< 11%, sites en rouge) n'ont pas fait l'objet d'analyses de composés organiques.

Pour les éléments métalliques, l'aluminium a été utilisé pour normaliser les teneurs en contaminants métalliques sur tous les sites. Pour les composés organiques les teneurs en carbone organique ont été utilisées. Ainsi, les métaux ont été normalisés à une teneur de 5 % d'aluminium, les organiques à une teneur de 2,5 % de Carbone Organique Particulaire (COP).

L'interprétation des résultats des analyses chimiques dans le sédiment est ici basée prioritairement sur les travaux des commissions MedPol. L'évaluation de la contamination utilise des critères d'évaluation avec lesquels il est possible de construire une grille de lecture. Deux seuils ont été retenus dans le présent rapport :

- **EAC** (Environmental Assessment Criteria) : Concentration au-dessous de laquelle aucun effet chronique n'est attendu pour les espèces marines,
- **ERL** (Effects Range Low) : Niveau défini comme le plus bas 10ème percentile des données qui seraient associées à des effets biologiques.

**Lorsque les concentrations dépassent ces seuils, l'état chimique peut être jugé inacceptable.**

L'interprétation par rapport aux EACs doit être effectuée avec prudence car ceux-ci ne prennent pas en compte les effets biologiques spécifiques à long-terme, comme la carcinogénotoxicité, la génotoxicité et n'inclut pas les effets cumulés. De plus, la procédure par laquelle les critères ERL sont dérivés est très différente de la méthode de dérivation des EACs, aussi une équivalence précise entre ces deux séries de critères ne doit pas être attendue.

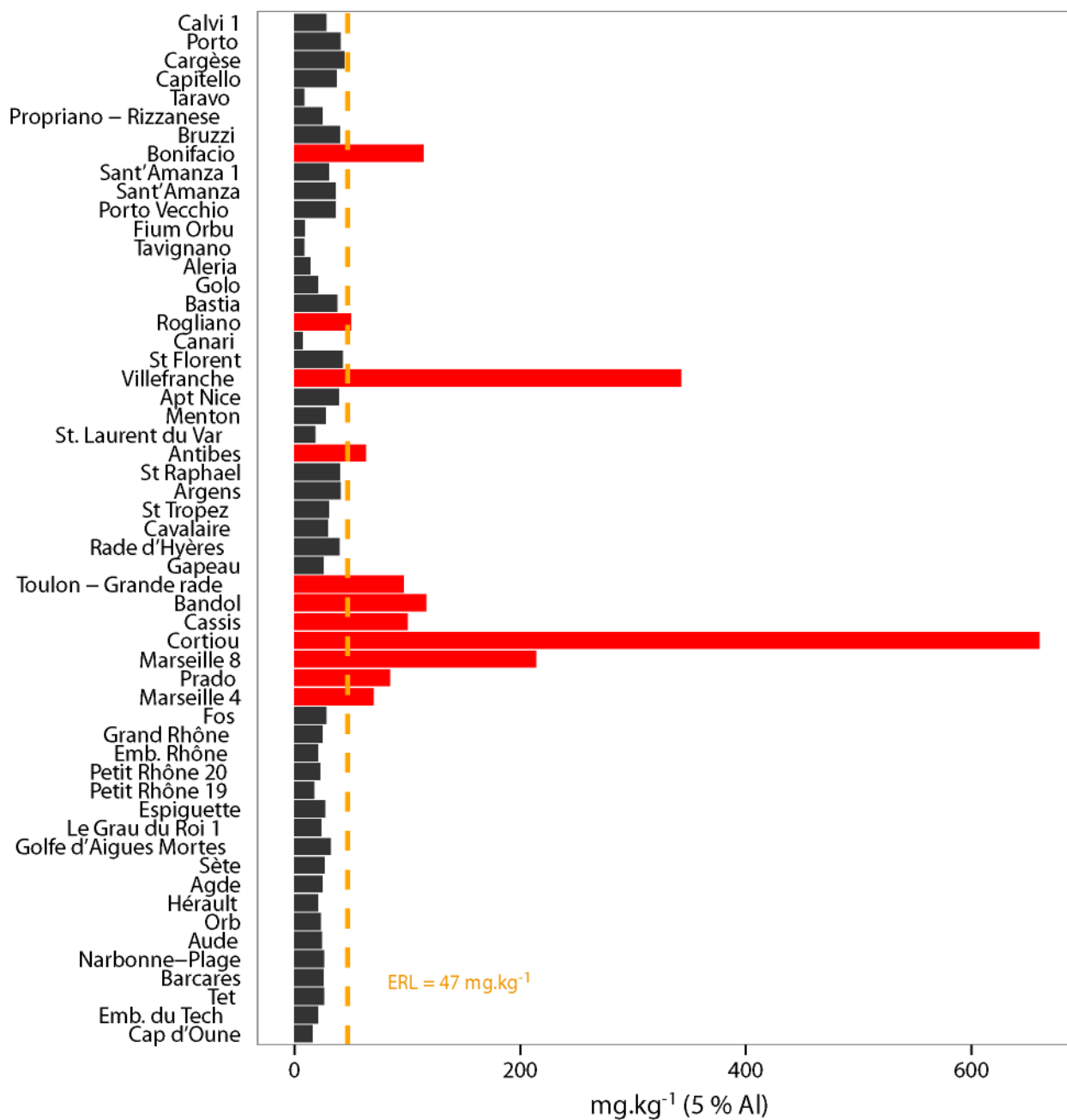
A noter que dans le sédiment et à ce jour, les EAC et ERL adoptés par les commissions OSPAR et MedPol sont identiques. Par ailleurs, ces critères ont été pris comme référence sans valeur réglementaire. Ils ne peuvent pas à ce stade être utilisés pour qualifier la qualité environnementale d'un sédiment.

### 3.3 Distribution de la contamination métallique

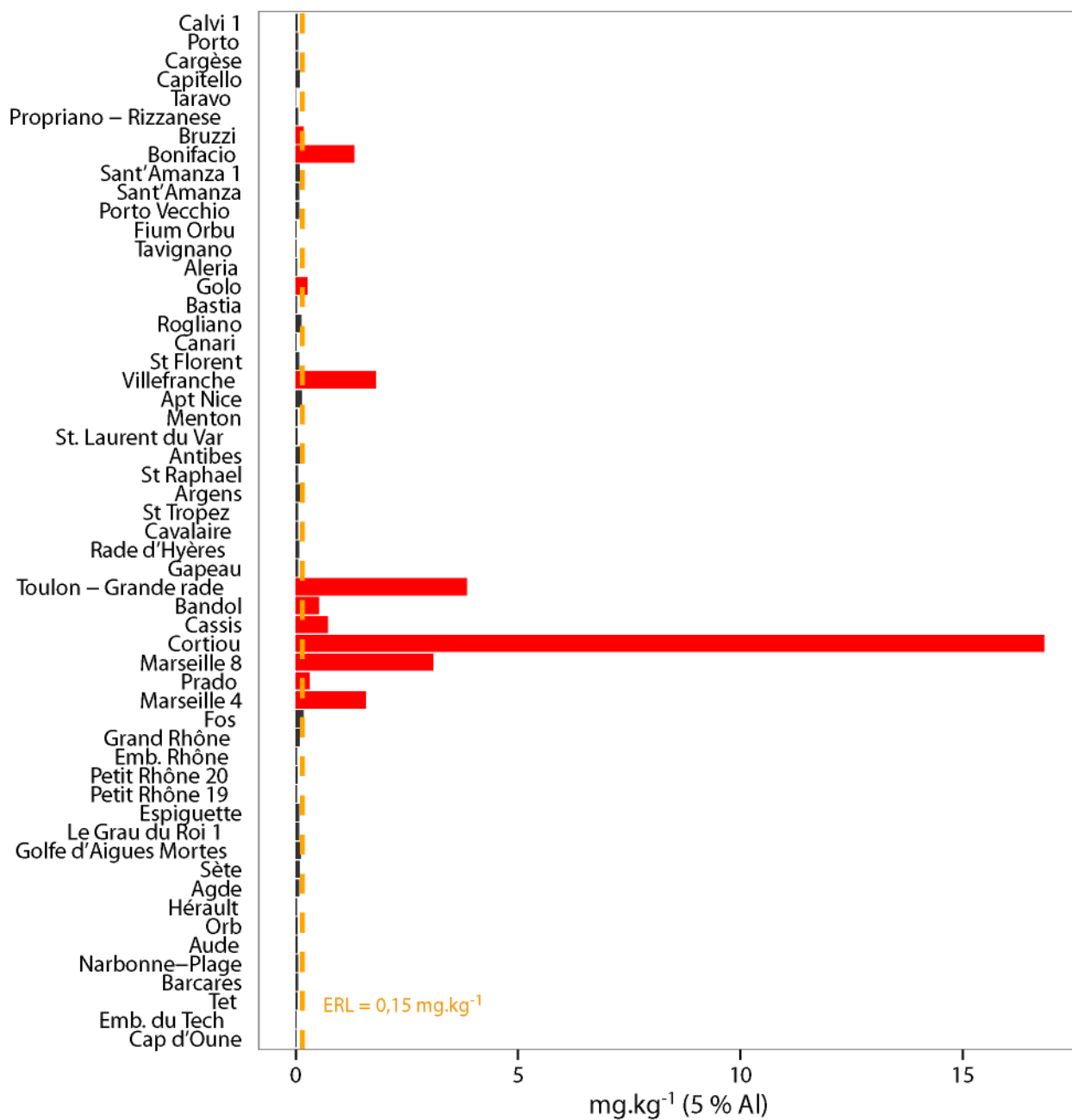
Les métaux recherchés lors de la campagne ROCCHSED 16 sont : l'argent (Ag), le cadmium (Cd), le cobalt (Co), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le mercure (Hg), le lithium (Li), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le vanadium (V) et le zinc (Zn). Seuls ceux présentant des seuils ERL sont représentés dans le présent rapport.



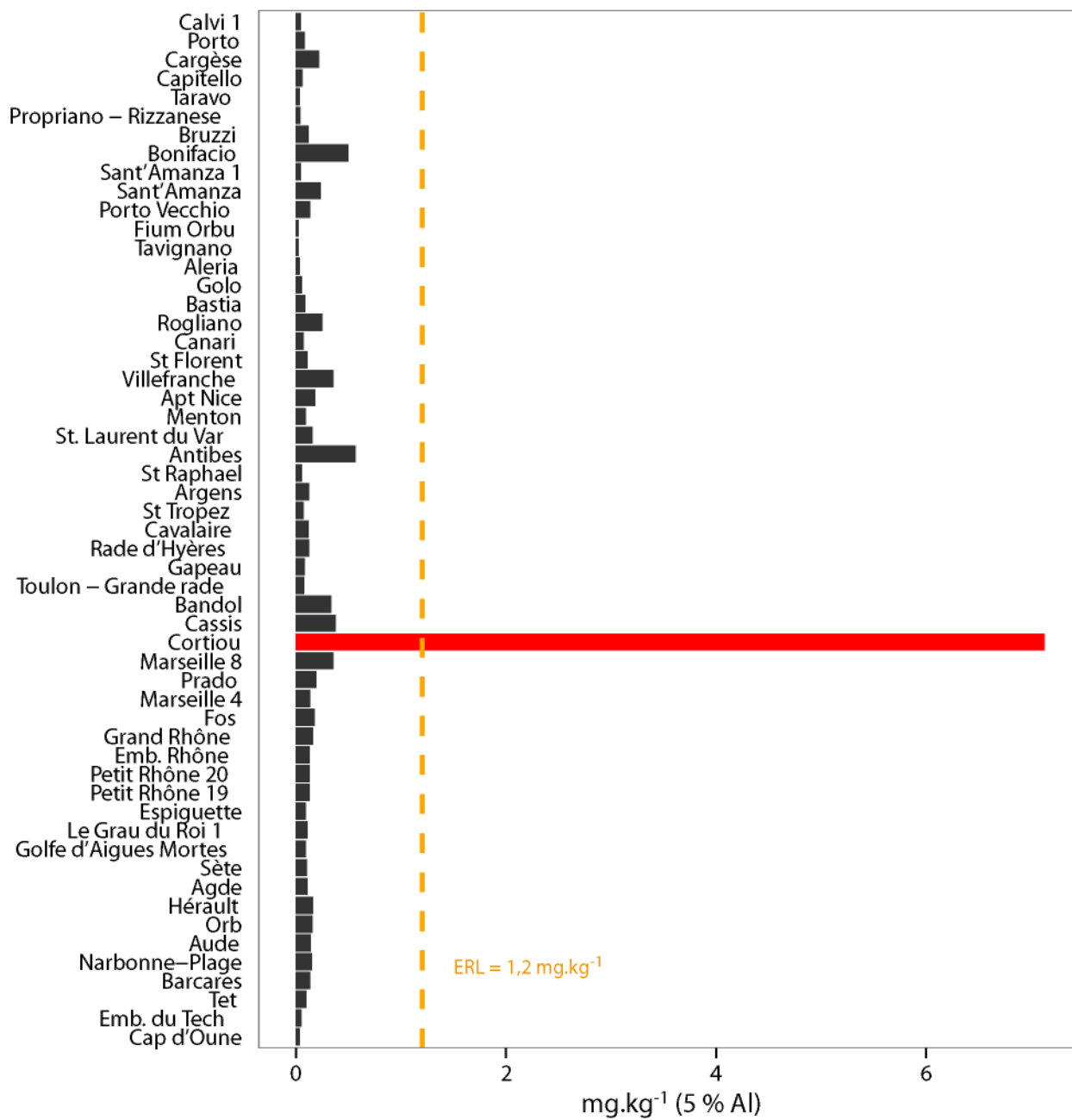
### 3.3.1 Plomb



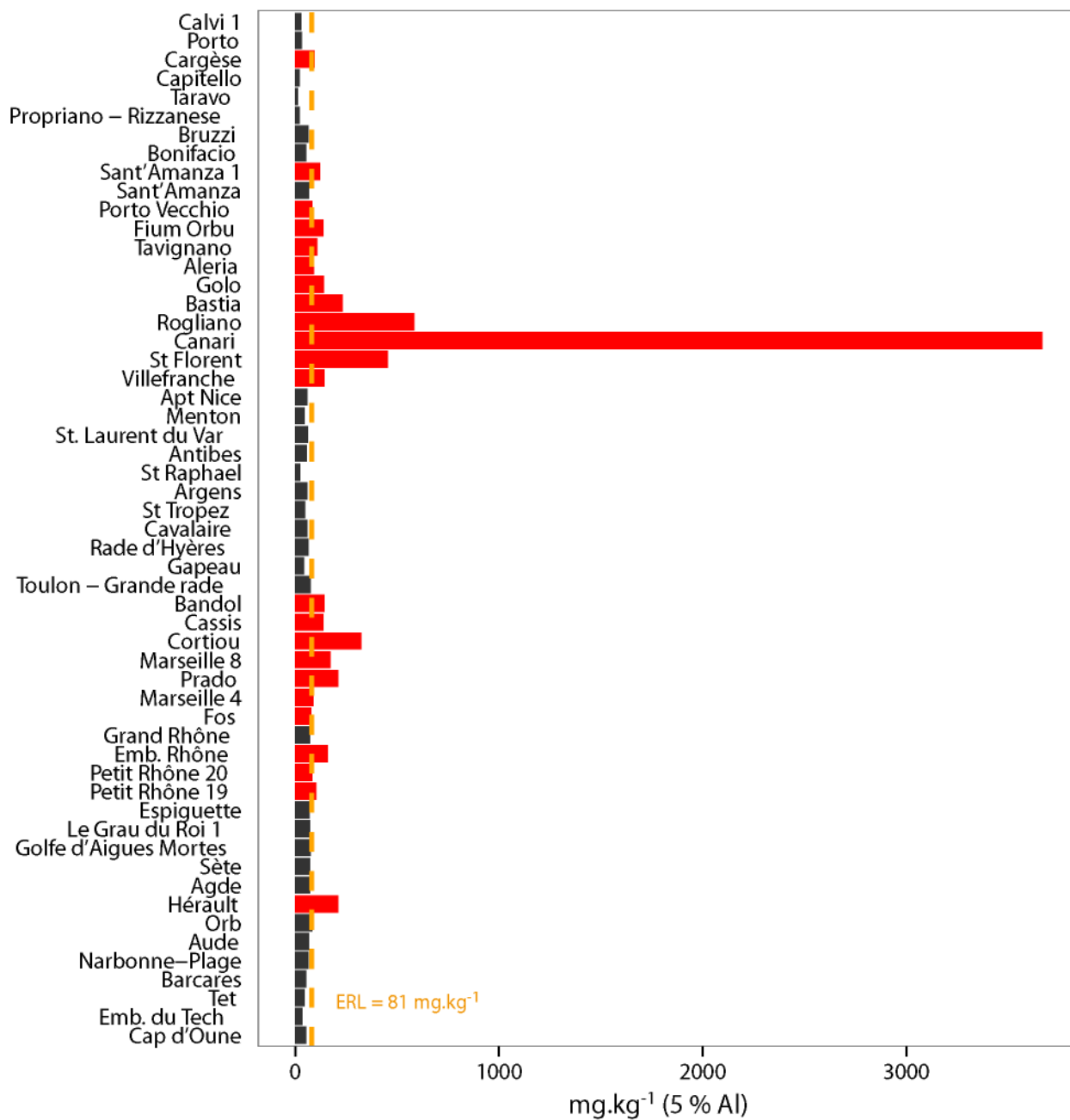
### 3.3.2 Mercure



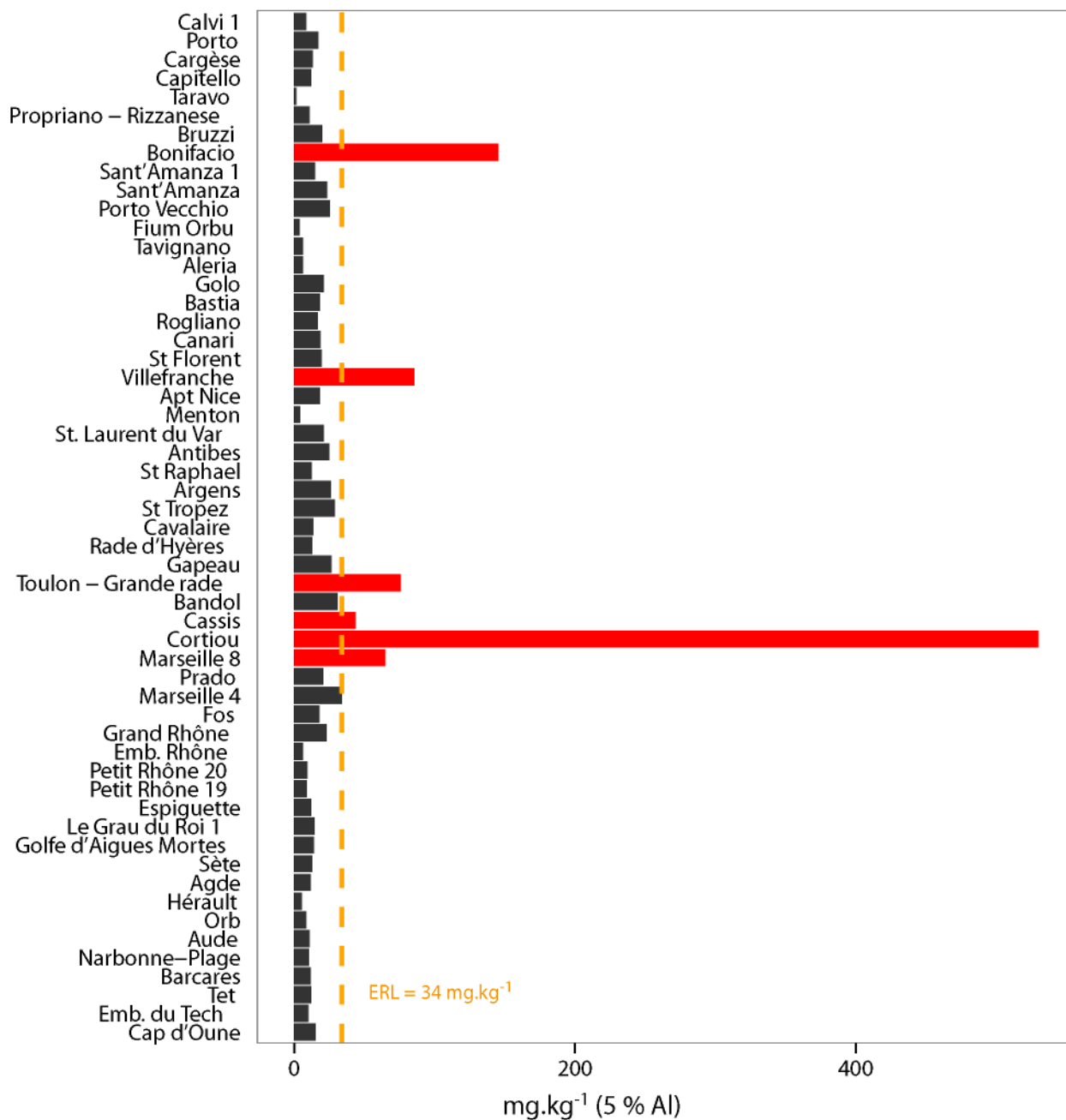
### 3.3.3 Cadmium



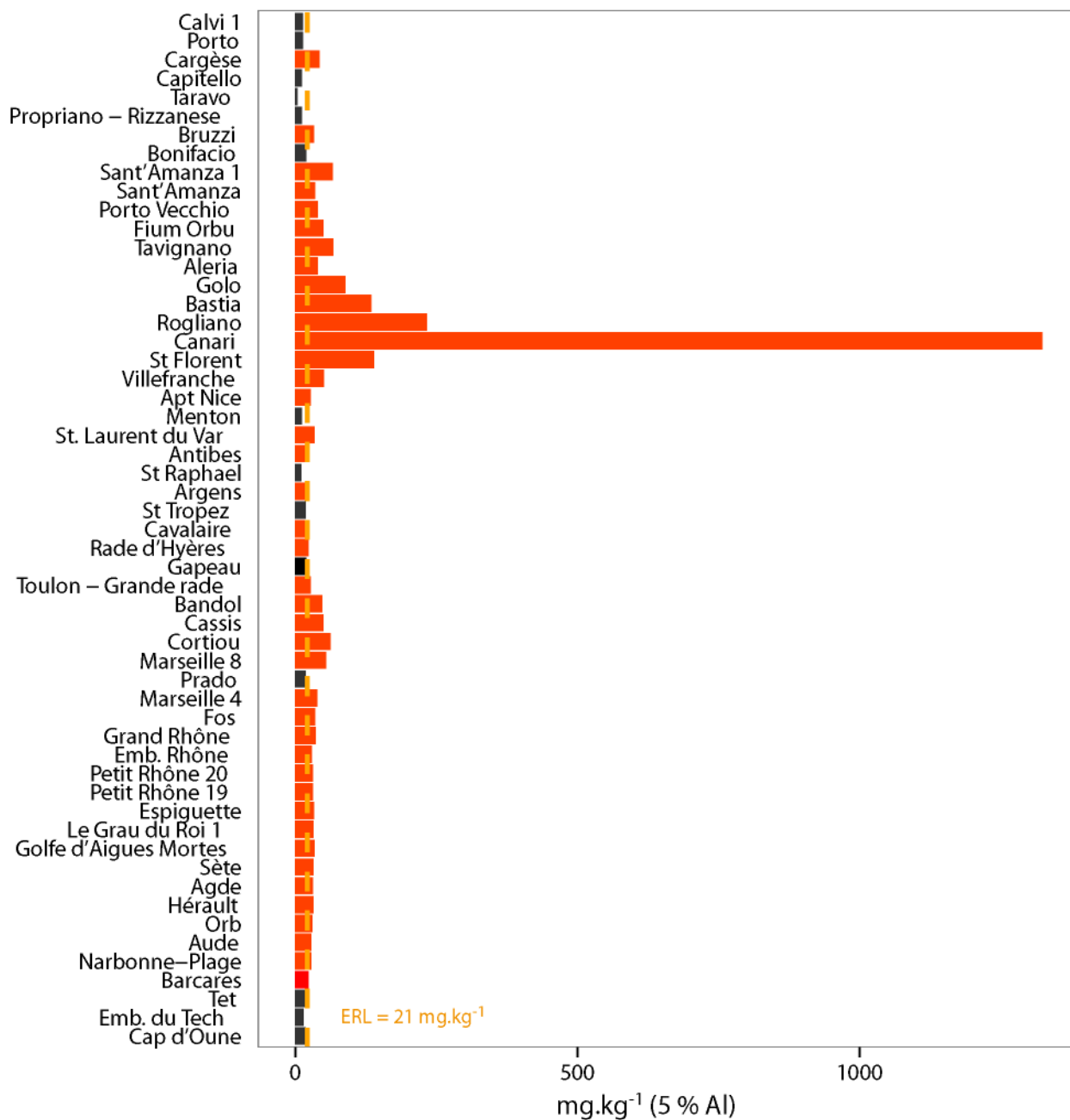
### 3.3.4 Chrome



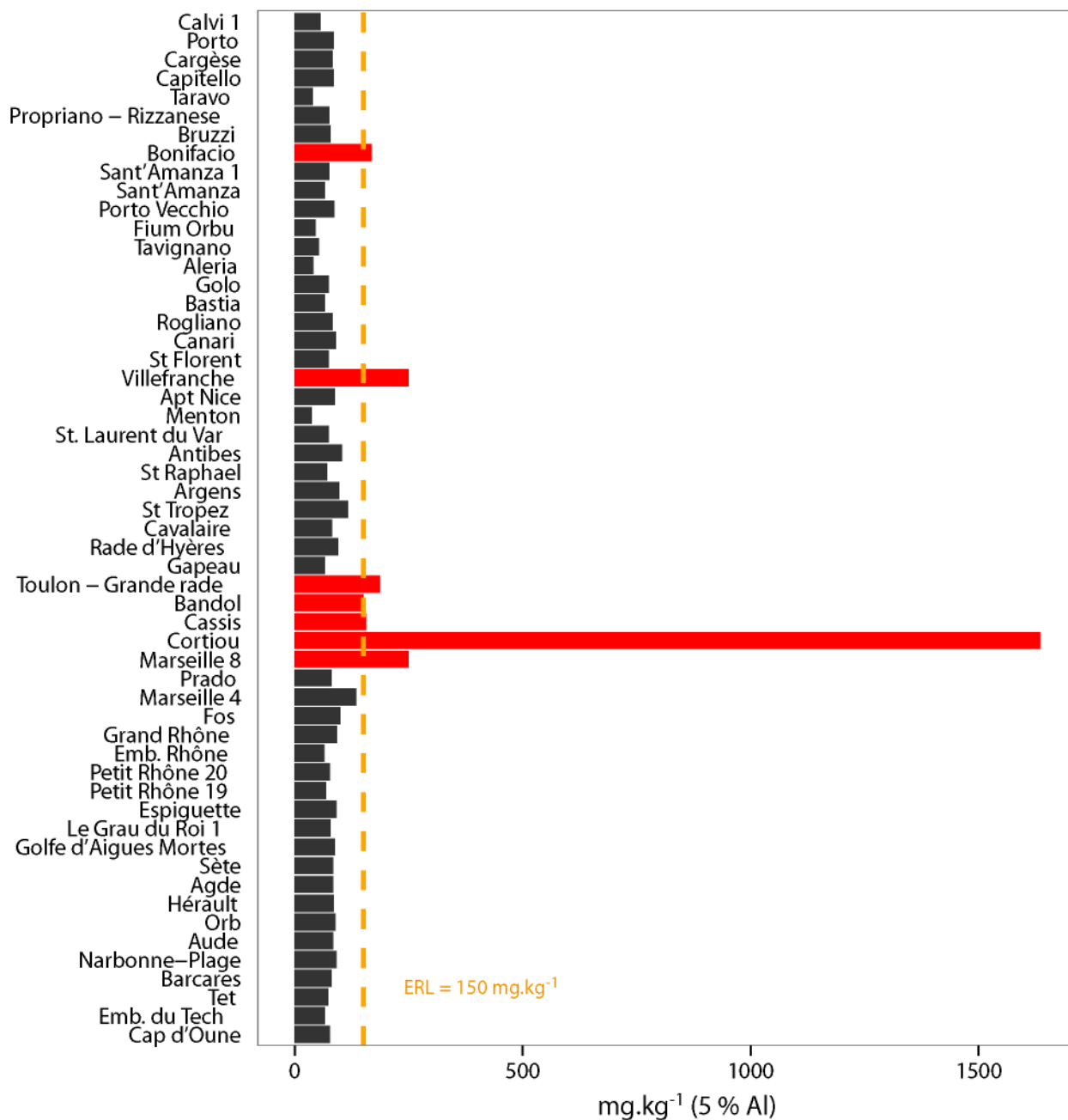
### 3.3.5 Cuivre



### 3.3.6 Nickel



### 3.3.7 Zinc



### 3.4 Bilan des mesures de métaux dans les sédiments de la campagne ROCCHSED 2016

Les résultats présentés dans les graphiques ci-dessus permettent d'identifier trois zones présentant des niveaux de contamination métallique dans les sédiments plus importants :

- la **zone s'étendant de Marseille à la rade de Toulon** est marquée par une signature multi-élémentaire caractéristique des apports des grandes métropoles et activités anthropiques avec un hot-spot de contamination extrême situé au droit du rejet de la STEP de Cortiou ;
- La **zone du Cap Corse** est marquée par de fortes concentrations en nickel et en chrome total, essentiellement au droit de la mine d'amiante de Canari. Cette signature est essentiellement liée à la nature géochimique de la roche ;
- La **rade de Villefranche** et le **goulet de Bonifacio**, impactés par les activités nautiques de loisir (présence de cuivre et de plomb généralement utilisés dans les peintures anti-salissures).

Sur l'ensemble des stations analysées pour les métaux, 42 présentent des concentrations en Ni supérieures à l'ERL.

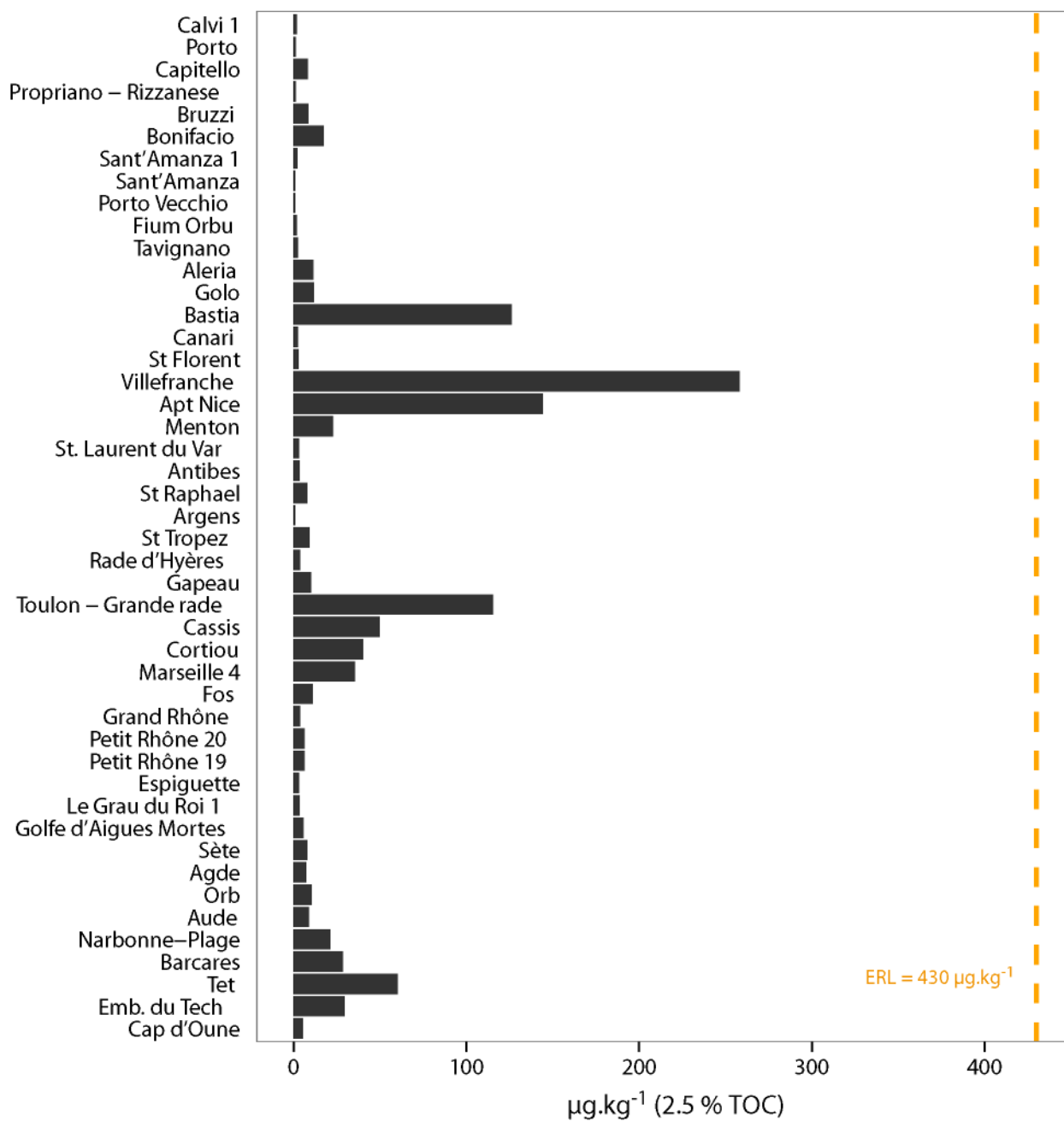
Il est important de noter que ces observations ne reflètent que partiellement l'état de la contamination métallique du milieu évalué par le réseau RINBIO. En effet, la campagne RINBIO 2015 n'a pas conclu à une contamination majeure par les métaux en dehors des quelques hot spots bien connus et n'a pas permis de mettre en évidence une contamination significative de la rade de Villefranche. La biodisponibilité des contaminants mais également la nature de l'organisme sentinelle (moule) utilisé pour le réseau RINBIO peuvent expliquer ces différences. La **complémentarité des deux réseaux** est donc ici très bien illustrée.

### 3.5 Distribution de la contamination organiques

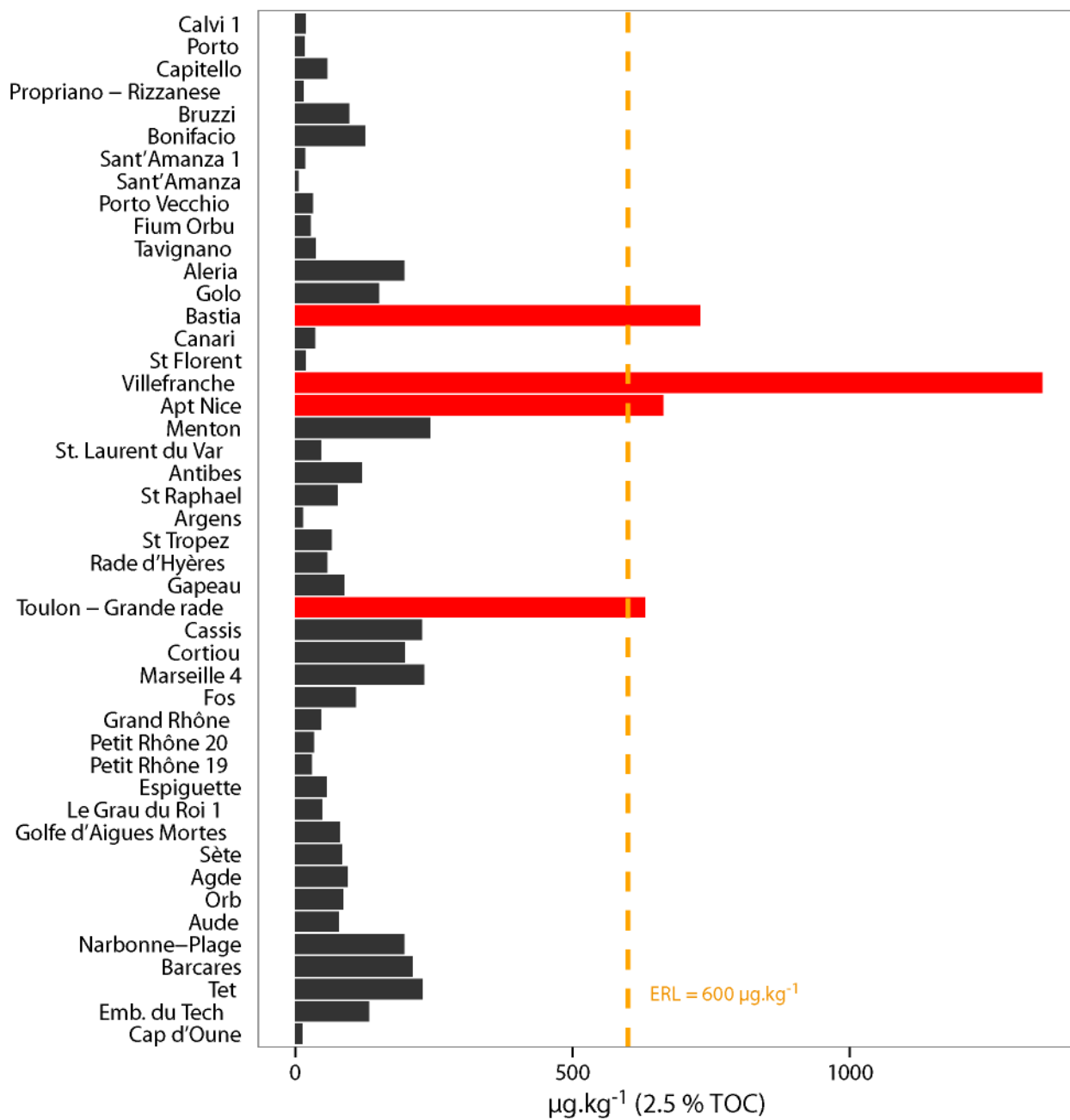
Seuls les composés organiques ayant été quantifiés et possédant des seuils ERL ou EAC ont été représentés dans le présent rapport. Par ailleurs, **seules les valeurs supérieures aux limites de quantifications n'ont été prises en compte.**



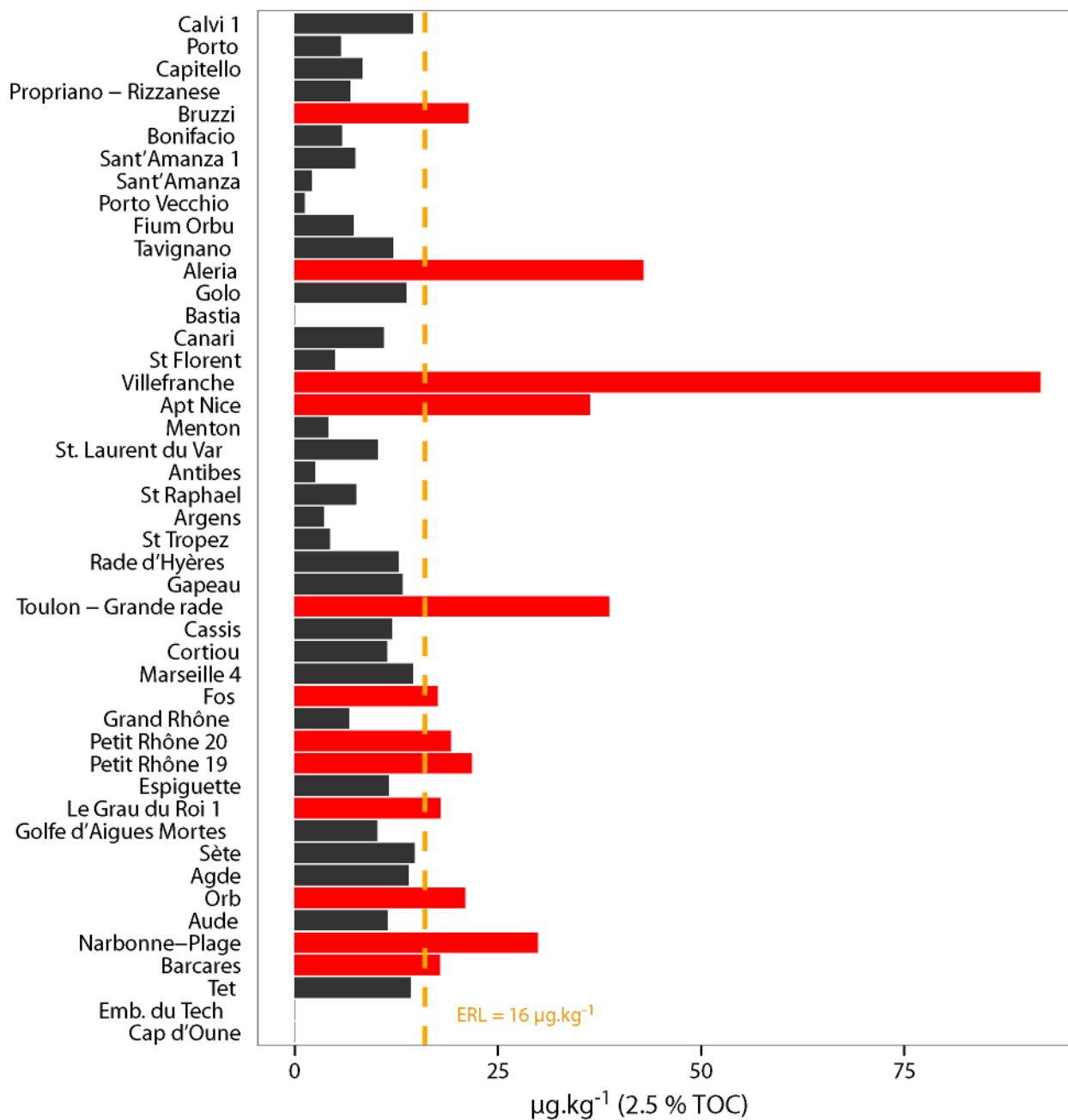
### 3.5.1 Benzo(a)pyrène (HAP)



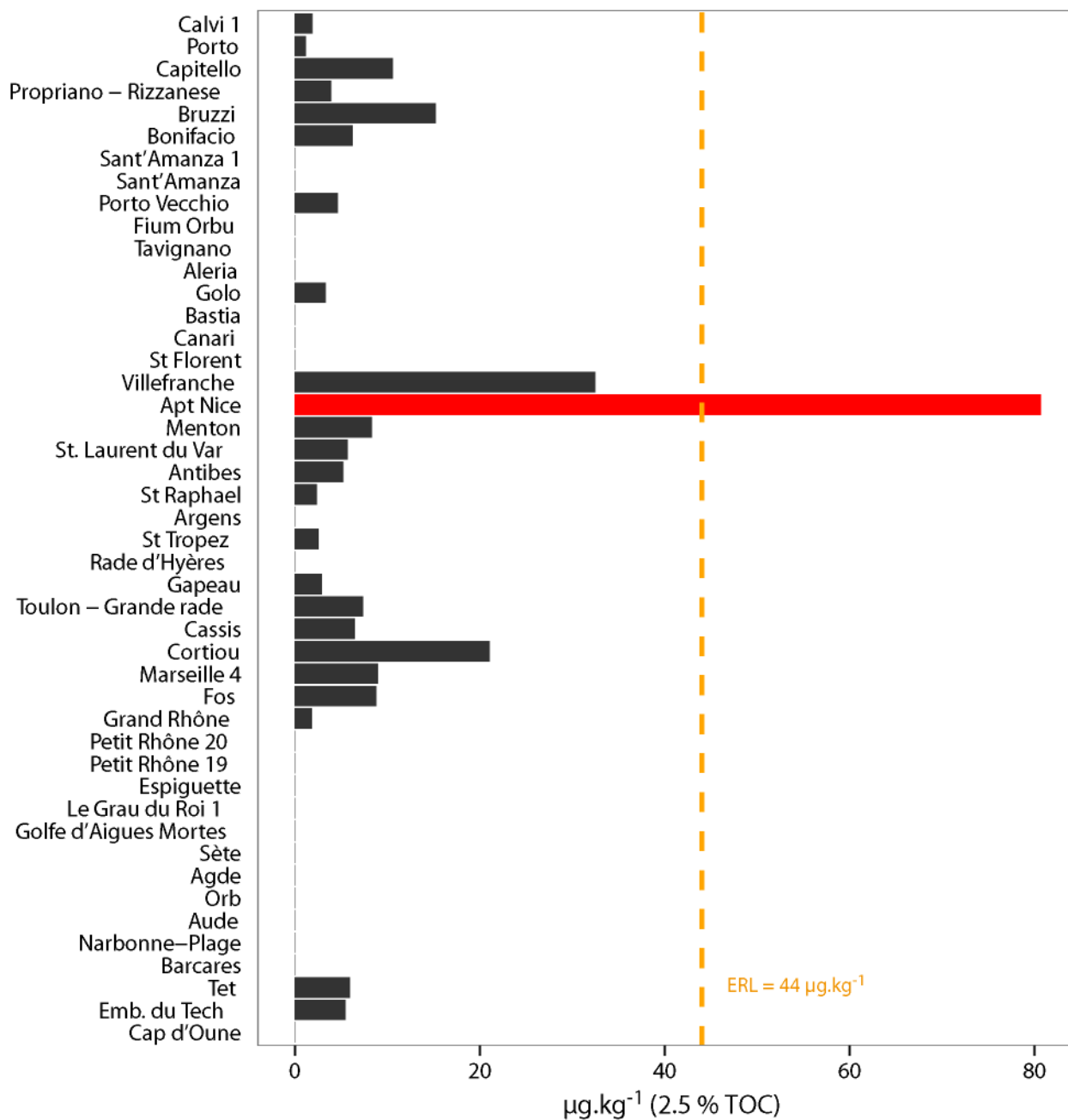
### 3.5.2 Fluoranthène (HAP)



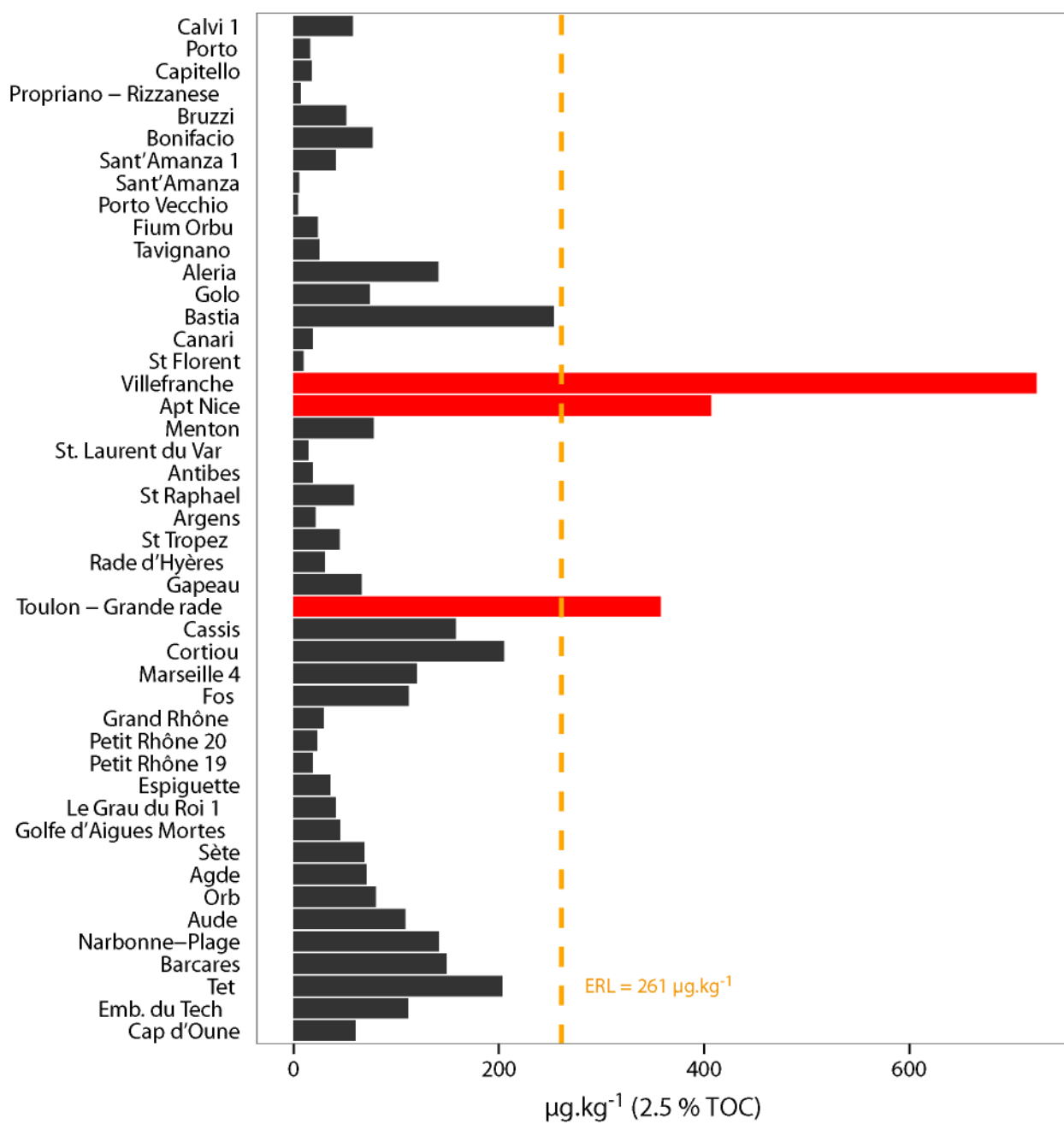
### 3.5.3 Acénaphène (HAP)



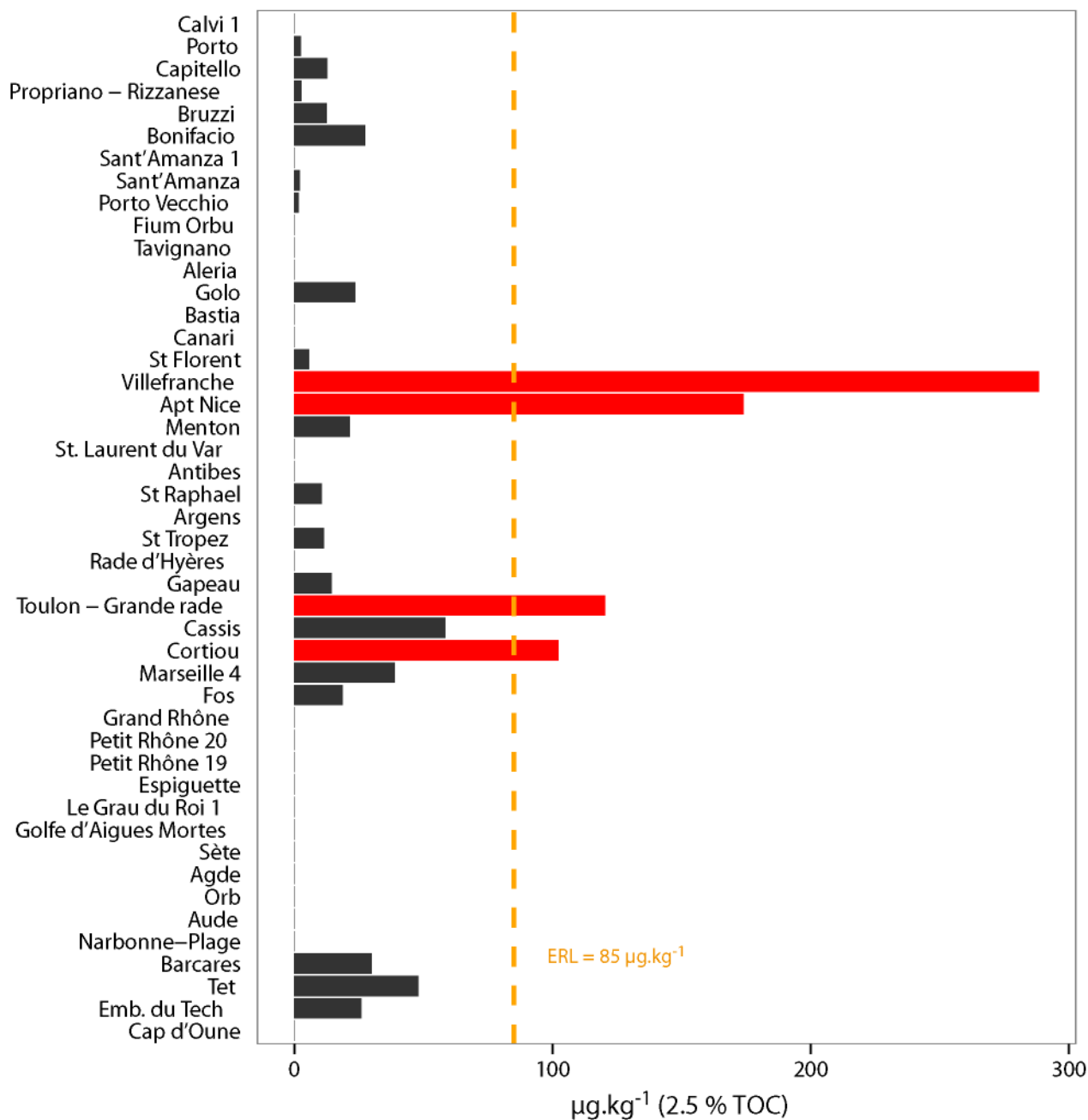
### 3.5.4 Acénaphthylène (HAP)



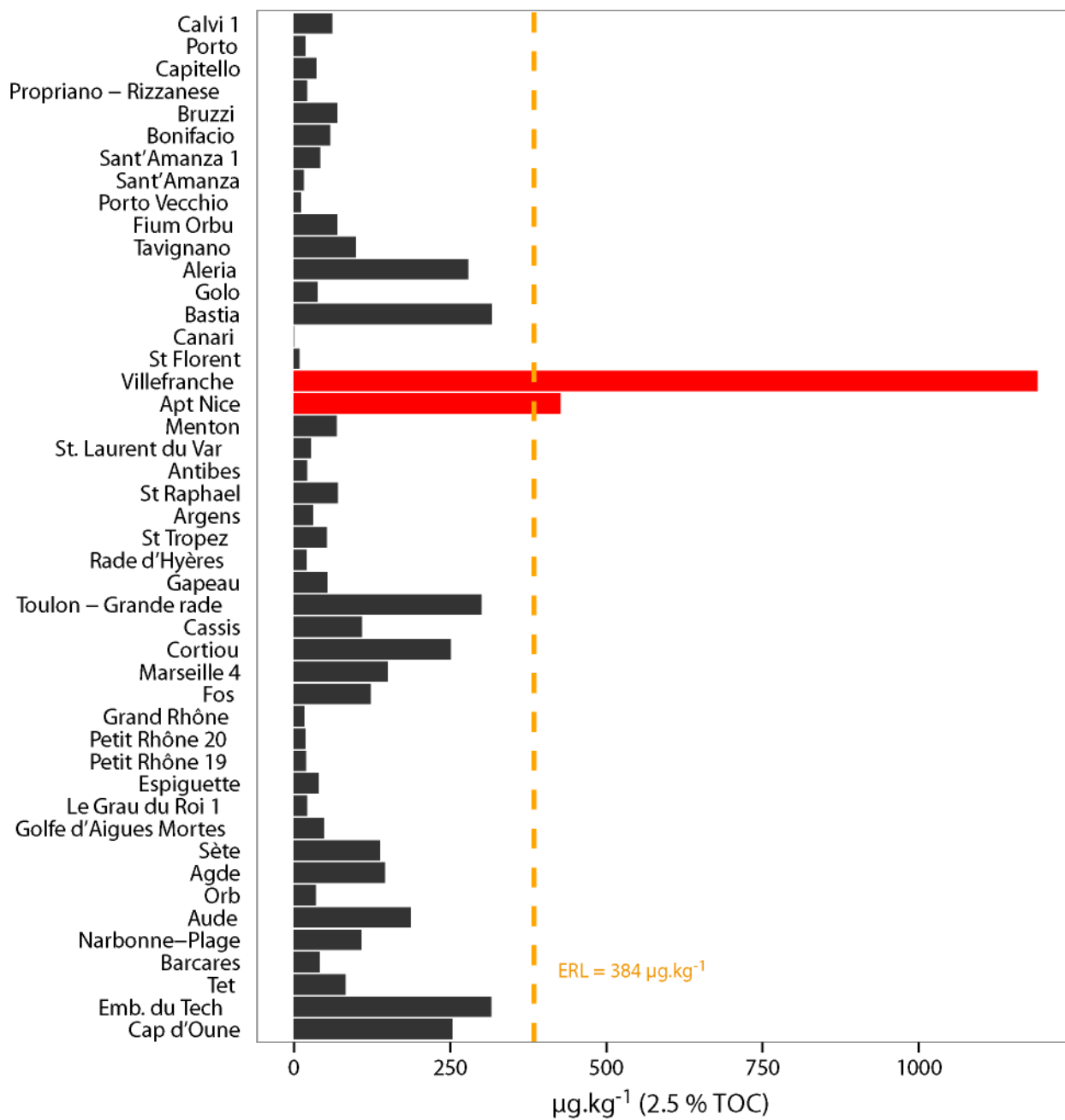
### 3.5.5 Benzo(a)anthracène (HAP)



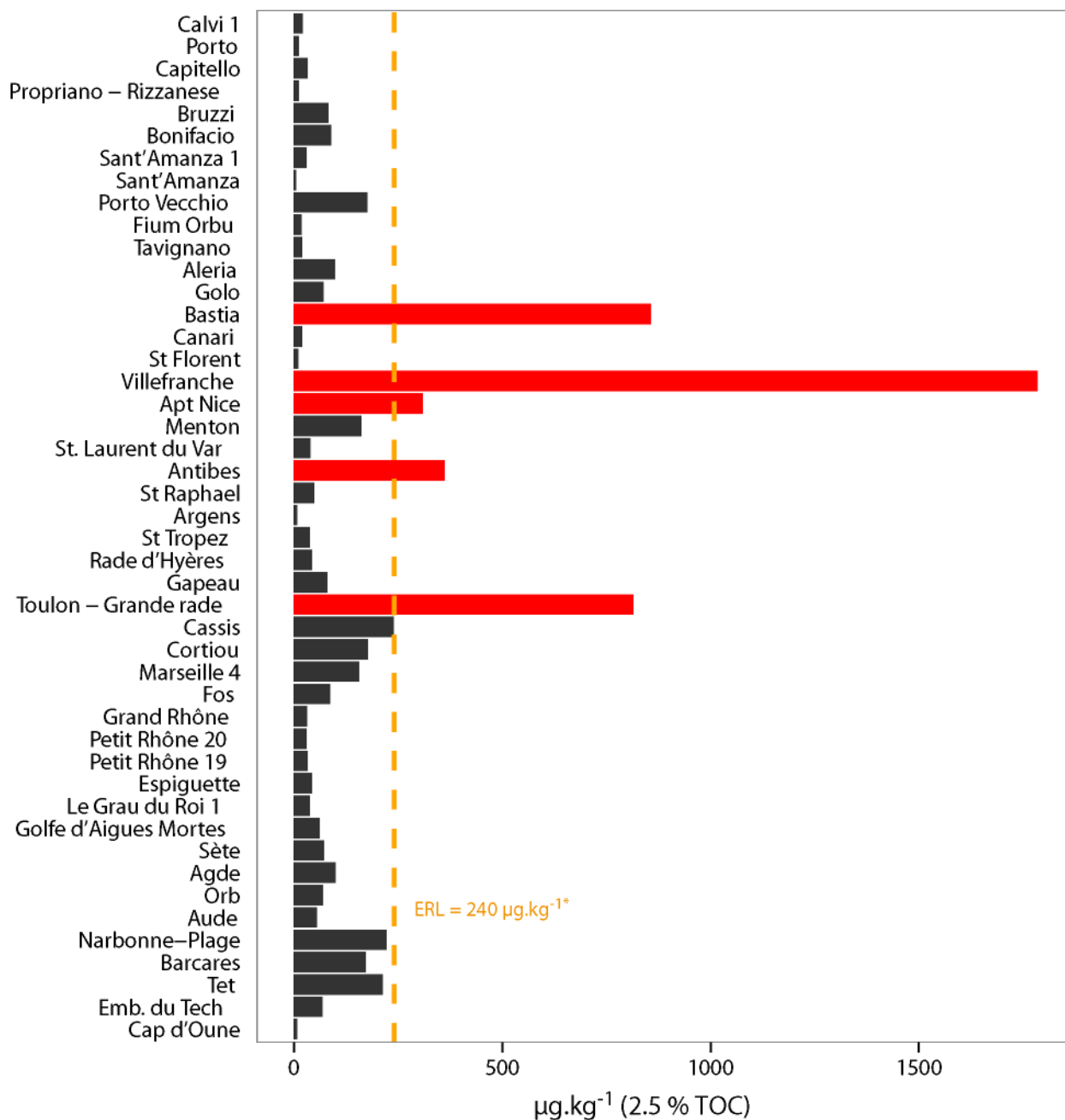
### 3.5.6 Benzo(g,h,i)pérylène (HAP)



### 3.5.7 Chrysène (HAP)

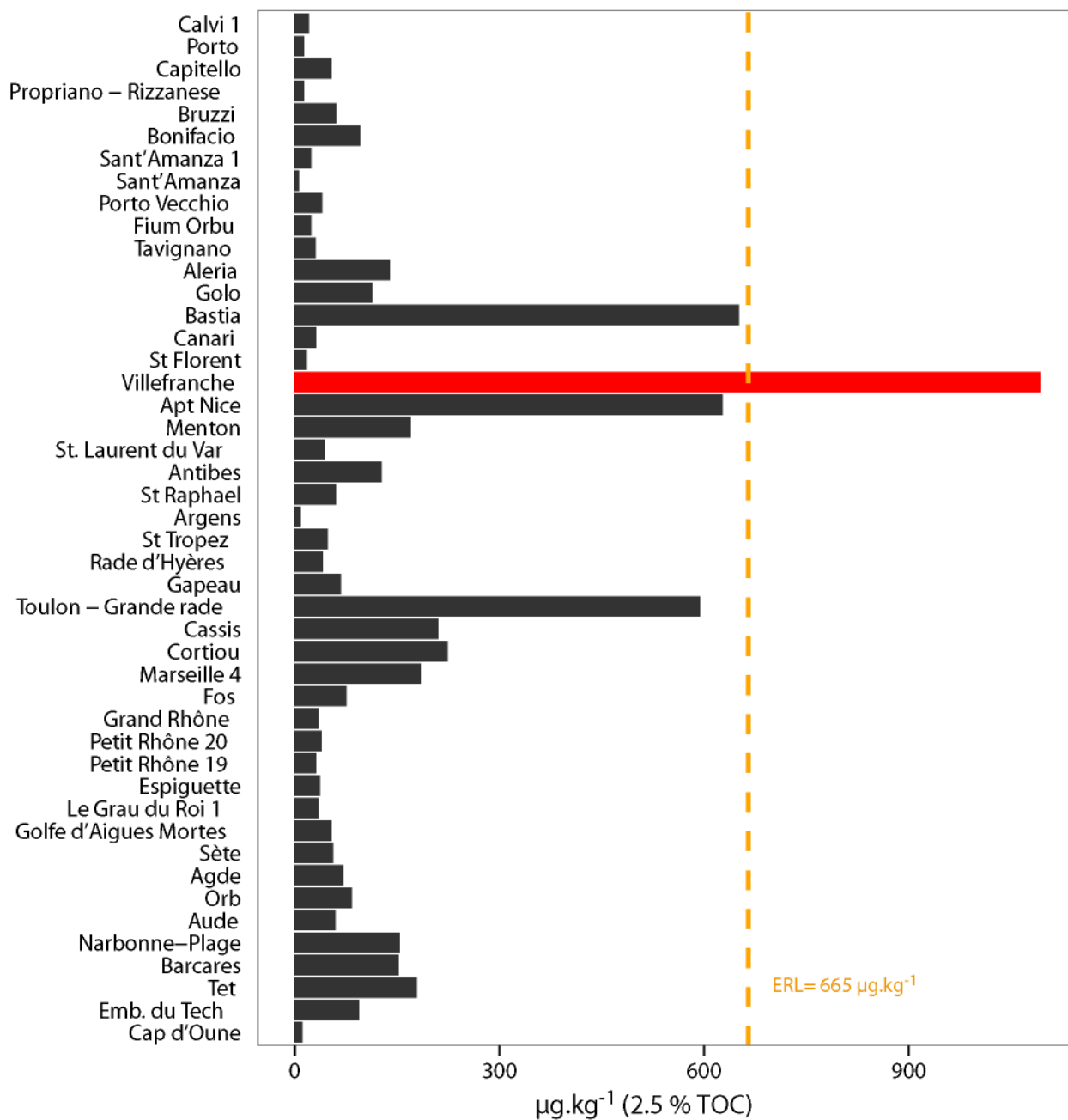


### 3.5.8 Phénanthrène (HAP)

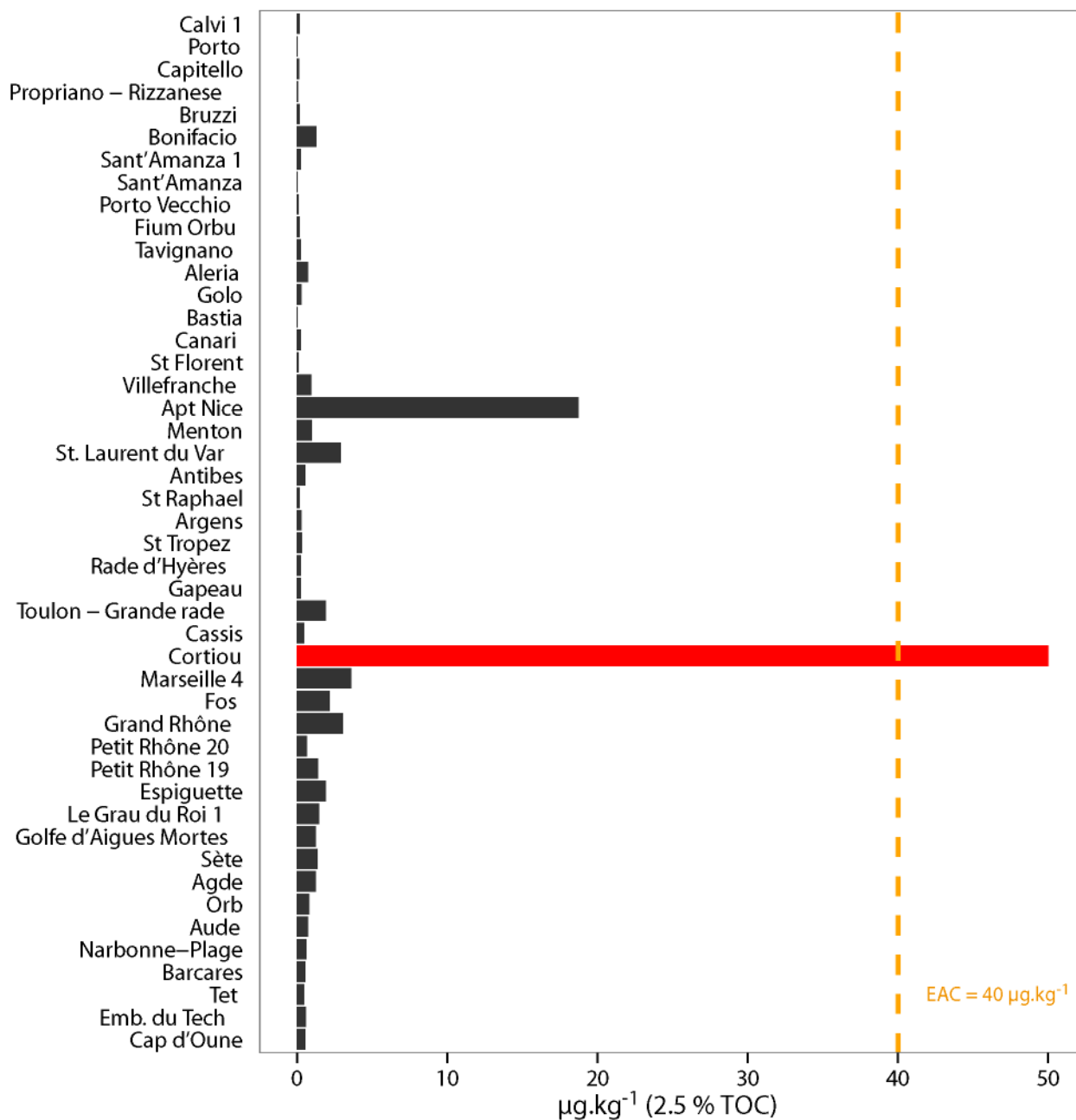




### 3.5.9 Pyrène (HAP)



### 3.5.10 PCB 153 (PCB)



### 3.6 Bilan des mesures de contaminants organiques dans les sédiments de la campagne ROCCHSED 2016

L'analyse des HAP dans les sédiments permet de mettre en évidence des zones de plus forte contamination :

- la rade de Villefranche et la zone de l'aéroport de Nice,
- la rade de Toulon,
- la zone de Bastia.

Sur 46 stations considérées, 11 et 12 stations dépassent les ERL pour le phénanthrène et l'acénaphène respectivement.

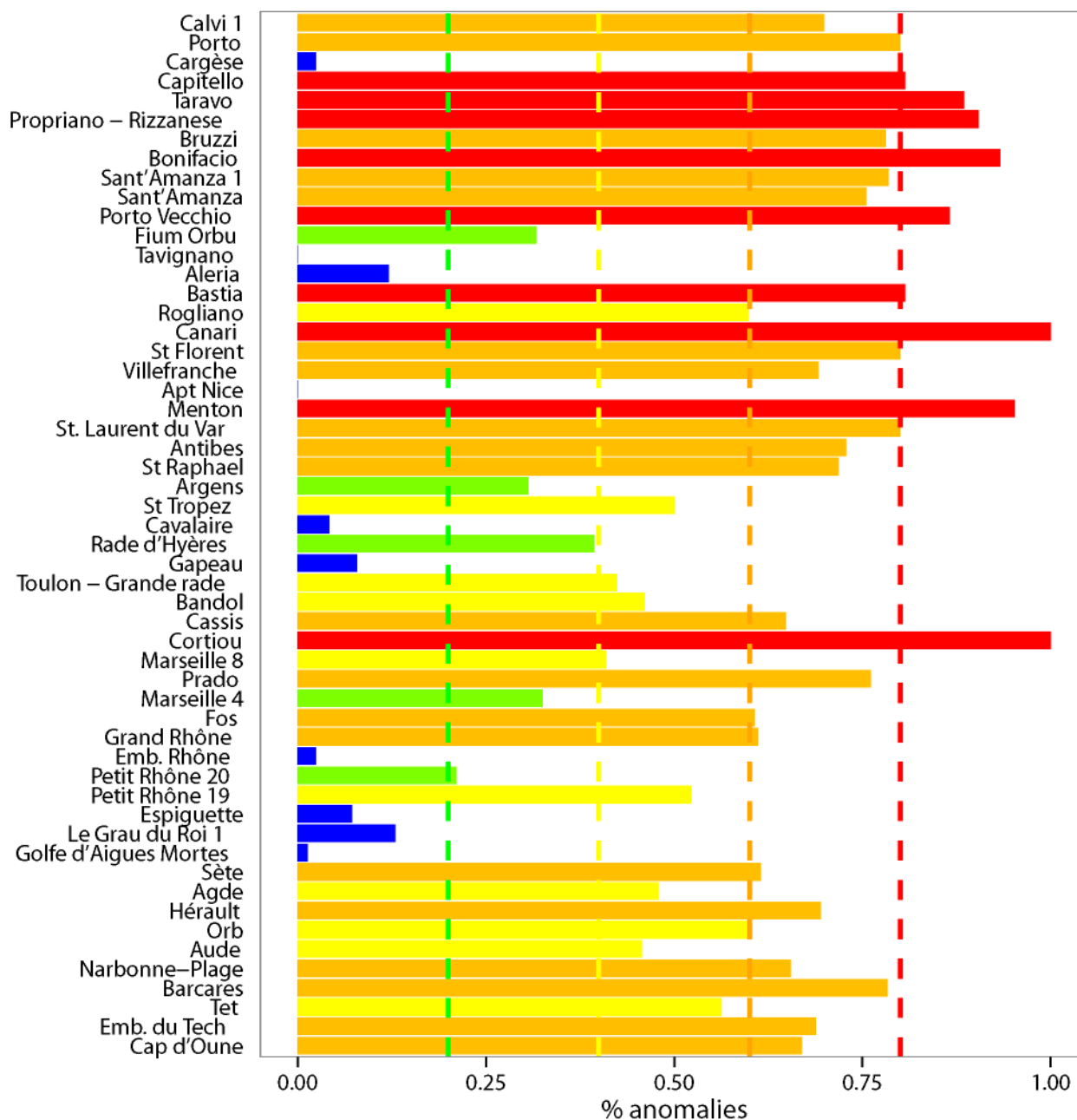
Comme pour les métaux, les prélèvements réalisés dans le Golfe de Fos ne montrent pas de niveaux de contamination extrêmes.

Les PCB sont quant à eux essentiellement retrouvés au droit de l'émissaire de Cortiou.

Comme pour les métaux, ces résultats sont complémentaires de ceux du réseau RINBIO. En effet, le réseau RINBIO ne met pas en évidence de contamination marquée en HAP en dehors de la petite rade de Toulon et de quelques lagunes. Les HAP sont des molécules faiblement bioaccumulables et il n'est pas étonnant que les niveaux mesurés dans des mollusques suspendus dans la colonne d'eau soient faibles. Pourtant, les effets néfastes de ces molécules sur les organismes, en particulier benthiques sont très largement documentés. Le réseau ROCCHSED permet donc d'apporter une lecture nouvelle des risques chimiques à l'échelle de la façade.

### 3.7 Distribution de la toxicité du sédiment

En ce qui concerne l'écotoxicité, le compartiment sédimentaire a été étudié dans ses deux premiers centimètres sous forme d'élutriat (surnageant d'agitation du sédiment dans de l'eau de mer non toxique) simulant une remise en suspension en milieu oxygène, en utilisant un test de développement larvaire de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. La toxicité a été évaluée en déterminant le pourcentage de « larves D » anormales après incubation des oeufs fécondés dans les milieux à tester (24 heures à  $24\pm 1^\circ\text{C}$  pour l'huître ; 48 heures à  $20\pm 1^\circ\text{C}$  pour la moule). Une larve est normale lorsque sa coquille a la forme régulière d'un D et qu'elle peut contenir l'animal entier lors de la fermeture des valves. Après 24 heures ou 48 heures d'incubation à l'obscurité, le pourcentage de larves D anormales a été déterminé sur deux aliquotes de 2ml par essai (trois réplicats plus 15 témoins).



Les niveaux de toxicité sont globalement élevés : sur 54 % des stations, des degrés d'anomalies élevés (> 60 %) ont été observés. Seules 17 % des stations présentent des degrés d'anomalies faibles, inférieurs à 20 %. Ces résultats tranchent avec ceux de la campagne REMTOX précédente (REMTOX 2009). L'explication vient principalement de la stratégie d'échantillonnage : si la campagne REMTOX 2009 a permis de faire un bilan général des niveaux de toxicité des sédiments à l'échelle de la façade, la campagne ROCCHSED 16 elle a ciblé des zones connues pour présenter des niveaux de contamination chimique importants ou soumises à de fortes pressions anthropique. Il est donc logique d'observer ici des niveaux de toxicité plus importants. Les résultats REMTOX 2016 confirment la complémentarité des analyses de la composition chimique et des tests écotoxicologiques. Ces derniers permettent d'avoir une vision de la toxicité globale des sédiments sans cibler un contaminant particulier et d'appréhender une partie de la question de leur biodisponibilité.

## 4 Synthèse

Les résultats sont synthétisés dans le tableau fourni en annexe et sous format cartographique ci-dessous. Globalement, la campagne ROCCHSED 16 a permis d'identifier six zones géographiques dont le sédiment présente des niveaux de contamination élevé au regard des seuils Medpol :

- La **zone de Marseille au sens large** (métaux) avec des valeurs extrêmes devant l'**émissaire de Cortiou** (métaux, phénanthrène et PCB),
- La **grande rade de Toulon** pour les HAP, le plomb et le mercure,
- La **rade de Villefranche** pour le plomb, le mercure et les HAP,
- La zone de l'**aéroport de Nice** et dans une moindre mesure la zone d'Antibes pour les HAP,
- Le **Cap Corse** pour le nickel et le chrome (origine naturelle) avec un point chaud autour de la mine de Canari (origine industrielle),
- La zone de **Bastia** pour les HAP,
- Le **Goulet de Bonifacio** pour les métaux.

Ces résultats sont repris dans la synthèse cartographique ci-après.

Pour ces zones, une forte toxicité n'a pas toujours été retrouvée, comme par exemple dans la grande rade de Toulon qui présente des valeurs modérées.

Le réseau ROCCHSED permet d'apporter une lecture nouvelle des risques chimiques à l'échelle de la façade, complémentaire à celle proposée par le réseau RINBIO. Ainsi, nous avons pu identifier des zones de forte contamination (*e.g.* la rade de Villefranche) qui ne ressortent pas au travers des résultats RINBIO.

Enfin, **une évolution du réseau ROCCHSED** semble nécessaire. Elle pourrait définir **deux types de stations** : des **stations historiques** où un suivi d'un nombre restreint de molécules permettrait d'apprécier leur évolution dans le temps et un réseau de **stations sentinelles** permettant de surveiller l'apparition de molécules émergentes.

Tous les résultats de la campagne ROCCHSED 16 ont été saisis dans la base de données QUADRIGE<sup>2</sup> ([http://envlit.ifremer.fr/resultats/base\\_de\\_donnees\\_quadriges/presentation](http://envlit.ifremer.fr/resultats/base_de_donnees_quadriges/presentation)). Ils sont accessibles depuis l'outil SURVAL ([http://envlit.ifremer.fr/resultats/acces\\_aux\\_donnees/presentation](http://envlit.ifremer.fr/resultats/acces_aux_donnees/presentation)).

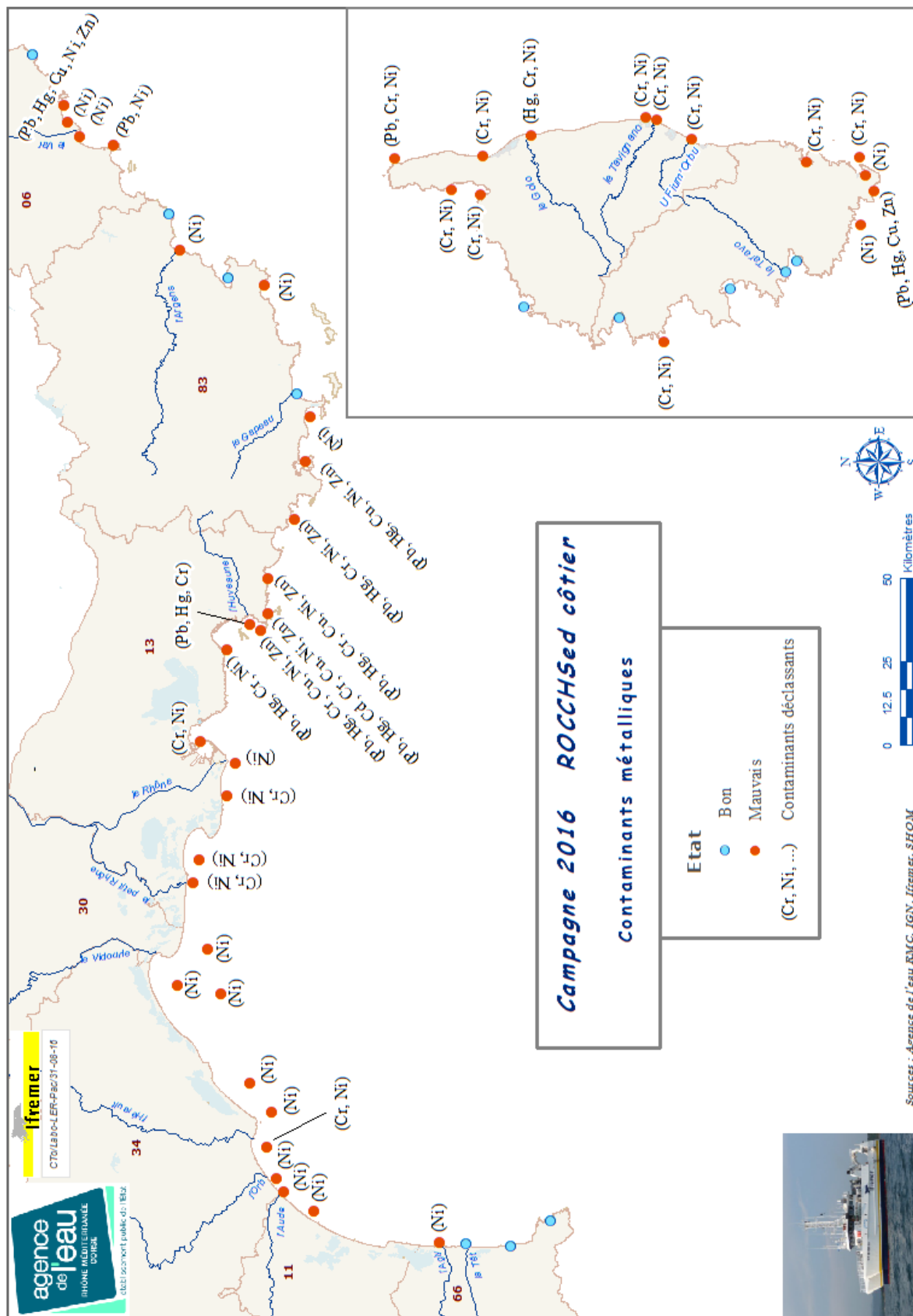


Figure 3 : Evaluation de la contamination chimique métallique dans les sédiments superficiels. Campagne Rocchsed 16. En rouge, stations pour lesquelles au moins une substance dépasse le seuil –substance(s) déclassante(s) indiquée(s) entre parenthèse-. En bleu, stations pour lesquelles aucune substance ne dépasse le seuil.

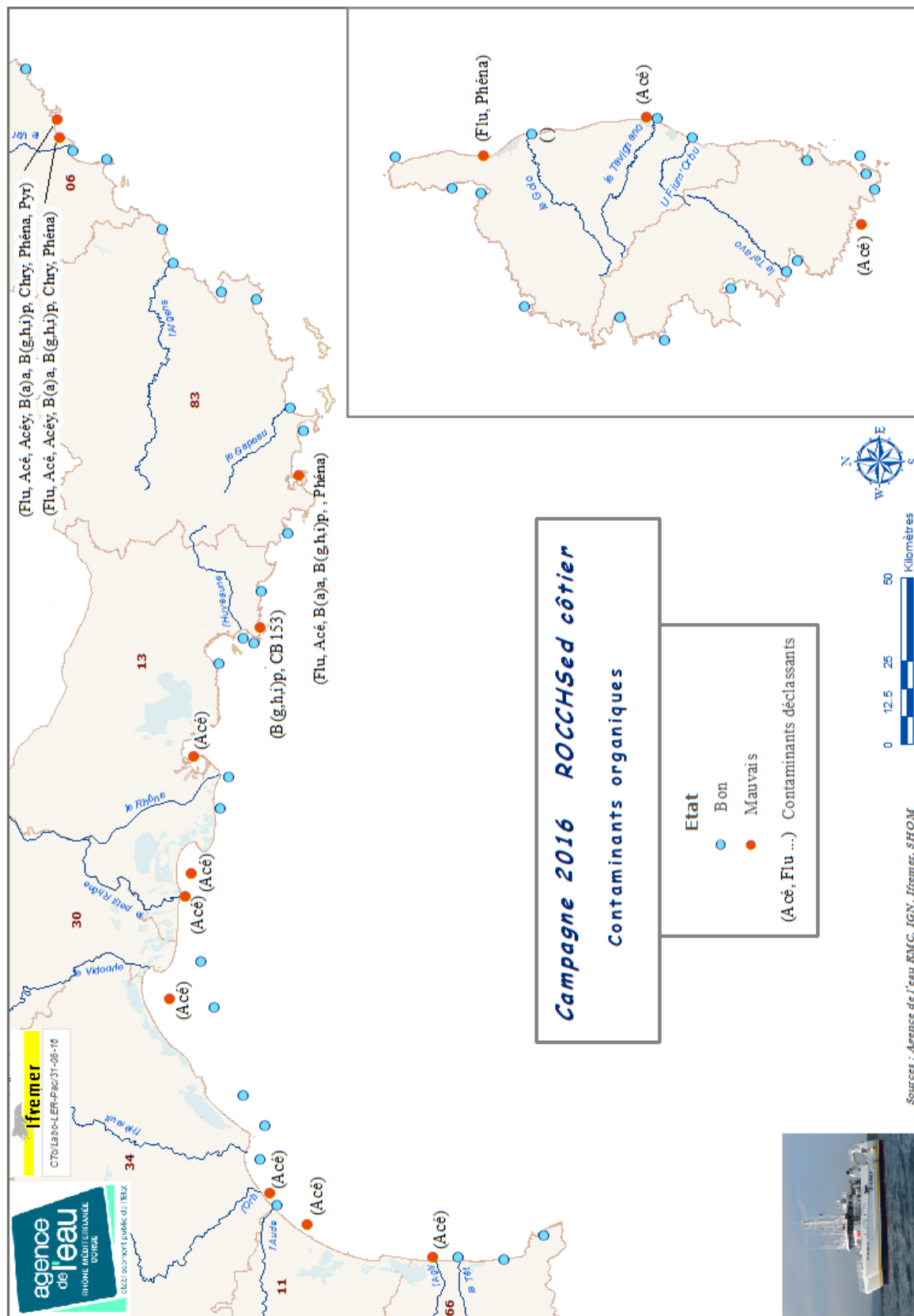


Figure 4 : Evaluation de la contamination chimique organique dans les sédiments superficiels. Campagne Rocchsed 16. En rouge, stations pour lesquelles au moins une substance dépasse le seuil –substance(s) déclassante(s) indiquée(s) entre parenthèse-. En bleu, stations pour lesquelles aucune substance ne dépasse le seuil. Acé = acénaphthène, B(g,h,i)p = benzo(g,h,i)pérylène, Flu = fluoranthène, Phéna = phénanthrène, Acéy = acénaphthylène, Chyr = chysène, Pyr = pyrène