

RAPPORT D'ÉTUDE 03/06/2010

N° INERIS-DRC-10-105335-04971A

Qualité chimique des sédiments fluviaux en
France

Synthèse des bases de données disponibles



maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Qualité chimique des sédiments fluviaux en France

Synthèse des bases de données disponibles

Aix-en-Provence, Bouches-du-Rhône

Client : ONEMA, MEEDDM, Interreg

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Lionel MANCIOPPI, Jean-Marie PADOX, Pierre HENNEBERT

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

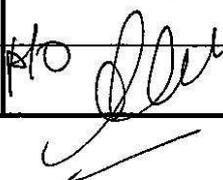
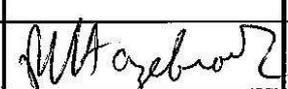
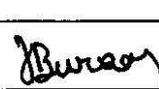
	Rédaction		Vérification	Approbation
NOM	Jean-Marie PADOX	Pierre HENNEBERT	Benoît HAZEBROUCK	Jacques BUREAU
Qualité	Stagiaire de l'Unité Comportement des contaminants dans les sols et matériaux	Ingénieur de l'Unité Comportement des contaminants dans les sols et matériaux	Responsable de l'Unité Comportement des contaminants dans les sols et matériaux	Responsable du Pôle Risques et technologies durables
Visa				

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	8
Abstract	9
Glossaire	10
1. Introduction.....	11
2. Données et méthodes de traitements	12
2.1 Origine et description succincte des données.....	12
2.1.2 Agences de l'Eau.....	12
2.1.3 Voies Navigables de France.....	13
2.1.4 Service Public de Wallonie (B).....	13
2.1.5 Représentativité des données.....	13
2.2 Traitement des données	14
2.3 Seuil réglementaire pour les sédiments de cours d'eau	16
3. Résultats et discussion	17
3.1 Base générale	17
3.2 Résultats.....	19
3.2.1 Analyses physico-chimiques.....	19
3.2.2 Essais de lixiviation et tests écotoxicologiques	23
3.2.3 Variations temporelles	30
3.2.4 Variations géographiques.....	33
3.2.5 Corrélations entre paramètres.....	46
3.3 Distribution des paramètres et des échantillons selon les seuils réglementaires S1	55
3.3.2 Distribution des paramètres en fonction du seuil S1.....	56
3.3.3 Distribution des familles analytiques en fonction du seuil S1.....	63
3.3.4 Distribution des échantillons en fonction du seuil S1	64
4. Conclusion	68
5. Références citées	69
6. Listes des annexes	70

LISTE DES FIGURES

Figure 1. : Histogramme de distribution de la concentration en arsenic pour l'ensemble du jeu de données, selon un pas de 30 mg/kg (seuil S1).	21
Figure 2 : Histogramme de distribution de la concentration en arsenic pour l'ensemble du jeu de données, selon un pas de 30 mg/kg (seuil S1), avec coupure de l'axe des y à 500.	22
Figure 3 : Concentration en arsenic lixiviable en fonction de la concentration en arsenic total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF.	24
Figure 4 : Concentration en cadmium lixiviable en fonction de la concentration en cadmium total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF.	25
Figure 5 : Concentration en chrome lixiviable en fonction de la concentration en arsenic total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF.	25
Figure 6 : Concentration en cuivre lixiviable en fonction de la concentration en cuivre total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF.	25
Figure 7 : Concentration en mercure lixiviable en fonction de la concentration en mercure total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF.	26
Figure 8 : Concentration en nickel lixiviable en fonction de la concentration en nickel total pour les données de la direction Bassin de La Seine de VNF.	26
Figure 9 : Concentration en plomb lixiviable en fonction de la concentration en plomb total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF, sans prise en compte des 3 points les plus contaminés.	26
Figure 10 : Concentration en zinc lixiviable en fonction de la concentration en zinc total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF, sans prise en compte des 3 points les plus contaminés.	27
Figure 11 : Test Brachionus en fonction de la teneur en chrome total pour les données de la direction bassin de la Seine de VNF.	29
Figure 12 : Distribution du nombre d'années de prélèvement par lieu de prélèvement.	30
Figure 13 : Exemple de variabilité interannuelle : teneur en Arsenic (mg/kg) du lieu « 9000 à Agence de l'Eau Loire Bretagne » au cours du temps.	31
Figure 14 : Exemple de variabilité interannuelle : teneur en HAP (mg/kg) du lieu « 9000 à Agence de l'Eau Loire Bretagne » au cours du temps.	31
Figure 15 : Nombre d'échantillons et nombre de lieux par année, pour l'ensemble des données.	32
Figure 16 : Concentrations médianes en arsenic (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	34
Figure 17 : Concentrations médianes en cadmium (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	35
Figure 18 : Concentrations médianes en chrome (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	36
Figure 19 : Concentrations médianes en cuivre (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	37
Figure 20 : Concentrations médianes en mercure (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	38
Figure 21 : Concentrations médianes en nickel (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	39

Figure 22 : Concentrations médianes en plomb (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	40
Figure 23 : Concentrations médianes en zinc (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	41
Figure 24 : Concentrations médianes en HAP (somme des 16 en mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	42
Figure 25 : Concentrations médianes en PCB (somme des 7 en mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	43
Figure 26 : Concentrations médianes en Carbone Organique Total (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique	44
Figure 27 : Valeurs médianes pour les 3 fractions granulométriques (en %) par gestionnaire	44
Figure 28 : Concentration en Zinc (mg/kg) en fonction de la concentration en plomb (mg/kg) pour l'ensemble des mesures de la base de données.	47
Figure 29 : Concentration en cuivre (mg/kg) en fonction de la concentration en COT (mg/kg) pour l'ensemble des mesures de la base de données.	48
Figure 30 : Concentration en HAP (mg/kg) en fonction de la concentration en COT (mg/kg) pour l'ensemble des mesures de la base de données.	48
Figure 31 : Concentration en PCB (mg/kg) en fonction de la concentration en COT (mg/kg) pour l'ensemble des mesures de la base de données.	49
Figure 32 : Concentration en chrome (mg/kg) en fonction de la concentration en HAP (mg/kg) pour l'ensemble des mesures de la base de données.	49
Figure 33 : Concentration en chrome (mg/kg) en fonction de la concentration en Limon (%) pour l'ensemble des mesures de la base de données.	50
Figure 34 : ACP selon les composantes 1 et 2 pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB, et le COT (sans prise en compte de la granulométrie).	51
Figure 35 : ACP selon les composantes 1 et 3 pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB, et le COT (sans prise en compte de la granulométrie).	52
Figure 36 : ACP selon les composantes 1 et 2 pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB, le COT et la granulométrie.	53
Figure 37 : ACP selon les composantes 1 et 3 pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB, le COT et la granulométrie	53
Figure 38 : Nombre total de résultats < S1 ou ≥ S1, pour l'ensemble des échantillons et pour les échantillons complets (avec les paramètres mesurés), avec les seuils S1 relatif à l'arrêté du 9 Août 2006.....	56
Figure 39 : Nombre de résultats < S1 ou ≥ S1 par paramètre pour l'ensemble des échantillons.....	57
Figure 40 : Nombre de résultats < S1 ou ≥ S1 par paramètre pour les échantillons « complets ».....	57
Figure 41 : Nombre d'échantillons < S1 et ≥ S1 pour le cadmium, en fonction des différentes régions et gestionnaires des données.....	60
Figure 42 : Nombre d'échantillons < S1 et ≥ S1 pour le plomb, en fonction des différentes régions et gestionnaires des données.....	60
Figure 43 : Nombre d'échantillons < S1 et ≥ S1 pour le zinc, en fonction des différentes régions et gestionnaires des données.....	61
Figure 44 : Nombre d'échantillons < S1 et ≥ S1 pour le mercure, en fonction des différentes régions et gestionnaires des données.....	62

Figure 45 : Nombre d'échantillons < S1 et ≥ S1 pour la somme des 16 HAP, en fonction des différentes régions et gestionnaires des données.....	62
Figure 46 : Nombre d'échantillons complets classés par famille < S1 et ≥ S1.....	63
Figure 47 : Nombre d'échantillon ≥ S1 pour l'ensemble de l'échantillon, un seul paramètre ≥ S1 classe l'échantillon comme ≥ S1.....	64
Figure 48 : Nombre d'échantillon ≥ S1 pour les échantillons du territoire français, un seul paramètre ≥ S1 classe l'échantillon comme ≥ S1.....	64
Figure 49 : Nombre d'échantillon ≥ S1 pour les échantillons de Wallonie, un seul paramètre ≥ S1 classe l'échantillon comme ≥ S1.....	65
Figure 50 : Nombre d'échantillons présentant n paramètres ≥ S1 (« n » étant le nombre de paramètres indiqués dans la légende).....	66
Figure 51 : Nombre de paramètres ≥ S1 par échantillons issu de la base de données VNF National, en fonction de la Direction ayant fait les analyses.....	66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Regroupement des gestionnaires des données en zones géographiques.	12
Tableau 2 : Harmonisation des fractions granulométriques par origine des données.	15
Tableau 3 : Seuils de qualité S1 pris pour les sédiments de cours d'eau ou de canaux de navigations, d'après l'Arrêté du 9 Août 2006.	16
Tableau 4 : Origine des données, nombre d'échantillons et nombre de paramètres, par zone géographique et gestionnaire de données (Agences de l'Eau et directions VNF).	17
Tableau 5 : Nombre de données par caractéristiques des sédiments pour la base de données principale.	18
Tableau 6 : Statistiques descriptives des concentrations totales en métaux lourds.	19
Tableau 7 : Statistiques descriptives pour les contaminants organiques, les différentes fractions granulométriques, les paramètres physico-chimiques.	20
Tableau 8 : Distribution de la concentration en arsenic pour l'ensemble du jeu de données avec un pas équivalent à la valeur seuil S1 de 30 mg/kg.	22
Tableau 9 : Statistiques descriptives pour les tests de lixiviations des 8 métaux lourds.	23
Tableau 10 : Coefficient de corrélations R entre les concentrations sur brut et lixiviables, par métal.	24
Tableau 11 : Statistiques descriptives pour les tests d'écotoxicologie.	28
Tableau 12 : Coefficients de corrélation R entre les tests Brachionus et les concentrations en métaux totaux.	29
Tableau 13 : Statistiques descriptives du mercure, pour les 88 échantillons de la direction Strasbourg (VNF).	38
Tableau 14 : Matrice de Pearson et Coefficient de corrélation r entre paramètres sur l'ensemble de la base de données, avec $p=0.99$	46
Tableau 15 : Variances cumulés des composantes F1, F2 et F3 de l'ACP sans granulométrie pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB et le COT.	51
Tableau 16 : Variances cumulés des composantes F1, F2 et F3 de l'ACP avec 2 fractions granulométriques pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB, le COT et la granulométrie.	52
Tableau 17 : Nombre d'échantillons et nombre d'échantillons avec les 10 paramètres nécessaires pour le classement (métaux lourds, la somme des 16 HAP et la somme des 7 PCB), selon l'origine des données.	55
Tableau 19 : Nombre d'échantillons total (n), $< S1$ et $\geq S1$, par paramètre, par gestionnaires, pour les régions Ouest et Centre, et Nord-Est.	58
Tableau 20 : Nombre d'échantillons total (n), $< S1$ et $\geq S1$, par paramètre, par gestionnaire, pour les régions Sud-Ouest et Sud-Est.	59

Résumé

Cette étude réalisée pour l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques présente les données d'analyses chimiques conventionnelles (8 métaux lourds sur brut et sur lixiviat, HAP, PCB, COT, granulométrie, test écotoxicologiques) disponibles de sédiments fluviaux, avec leurs éventuelles corrélations entre contaminants, leurs différences géographiques et leur classement réglementaire.

Une base d'analyses chimiques de sédiments fluviaux a été constituée à partir des données des Voies Navigables de France, des Agences de l'Eau Adour Garonne, Artois Picardie, Loire Bretagne, Rhin Meuse et Rhône Méditerranée Corse, ainsi que des données du Service Public de Wallonie (Belgique). Elle compte 314 856 lignes et 12 850 échantillons couvrant une période de 28 ans. Du fait des possibles différences d'objectifs des campagnes de mesures à l'origine de ces données, la représentativité des données vis-à-vis des sédiments susceptibles d'être gérés à terre n'est pas connue.

Les teneurs médianes en contaminants sur brut sont les suivantes: As 7.27 mg/kg, Cd 0.65 mg/kg, Cr 36.0 mg/kg, Cu 21.7 mg/kg, Hg 0.13 mg/kg, Ni 19.0 mg/kg, Pb 32.6 mg/kg, Zn 130 mg/kg, somme des 16 HAP 1.47 mg/kg et somme des 7 PCB 0.057 mg/kg. Les teneurs médianes des fractions granulométriques sont de 11.9 % d'argile, 52.3 % de limon, 29.5 % de sable, avec 3.4 % de carbone organique. Tous les paramètres montrent des distributions asymétriques (ni normales ni log-normales) dominées par quelques points particulièrement contaminés (teneur jusqu'à 15 % pour le plomb...). Ces distributions sont le mieux approchées par la médiane et divers quantiles. La dispersion est maximale pour le cadmium, le mercure et les HAP. Les résultats des essais de lixiviation transmis (567 échantillons, dont 560 pour VNF Bassin de la Seine) indiquent un taux de dépassement des seuils d'acceptation en Installation de Stockage pour Déchets Inertes (ISDI) situé entre <1 et 5% selon les paramètres, pour les sédiments testés. Au total, 12 % des échantillons ont au moins une concentration en métal lixiviable supérieure au seuil d'acceptation en ISDI. Au regard des critères d'appréciation retenus par le MEEDDM, les résultats des tests d'écotoxicité transmis (VNF Bassin de la Seine, 7 tests daphnies et 315 tests Brachionus) indiquent un taux de sédiments dangereux de 3,6 % des sédiments testés. Les lieux de prélèvement sont majoritairement échantillonnés une seule année. Seuls 4 754 échantillons comportent à la fois les 8 métaux lourds, les HAP et les PCB. Ces données ne proviennent pas d'un réseau de mesures régulières, mais probablement de campagnes de mesures réalisées en fonction d'objectifs ponctuels, et présentent donc probablement un biais de sur-représentation des zones contaminées dans l'échantillonnage.

Les corrélations entre paramètres (corrélations deux à deux et analyse en composantes principales) sont déterminées par les quelques valeurs extrêmes des distributions, et semblent peu opérationnelles. Un groupe métallique cadmium - nickel - plomb - zinc apparaît, sans lien net avec la granulométrie ni le COT. Les contaminants organiques sont modérément reliés au COT mais pas à la granulométrie. Une explication possible est que les contaminations sont essentiellement d'origine humaine aléatoire et probablement ponctuelle et ne sont pas reliées à la capacité de rétention du sédiment (argile, matière organique). La variabilité géographique l'emporterait sur la corrélation liée au comportement. Une corrélation est observée entre les HAP et le COT, marquant une pollution par les HAP plus largement disséminée et une rétention par le COT. Ainsi, bien sûr, ce n'est donc pas parce qu'un sédiment est argileux ou riche en carbone qu'il est contaminé. Les tests de métaux lixiviables et d'écotoxicologie (Brachionus sp.), réalisés uniquement par la Direction Bassin de la Seine de VNF, ne montrent pas de corrélation opérationnelle avec les métaux sur brut ni le COT.

Le taux de dépassement du seuil S1 pour l'ensemble des paramètres mesurés est de 11.7 %. Il est principalement dû au cadmium, au zinc et au plomb, alors que les dépassements sont moins

fréquents pour l'arsenic, le chrome, le cuivre, le mercure, et le nickel ainsi que les contaminants organiques. Deux échantillons sur cinq atteignent les seuils en au moins un métal, alors que moins de 10 % atteignent les seuils en HAP et PCB. Les dépassements sont plus rares et essentiellement monoparamètres pour les Agences de l'Eau et VNF hors Nord-Pas-de-Calais, alors qu'elles sont majoritaires et multiparamètres pour VNF Nord-Pas-de-Calais et le Service Public de Wallonie, héritage sans doute de l'ancienne activité industrielle. Globalement, le taux d'échantillons français supérieurs aux seuils pour au moins un paramètre est de 36 %.

Abstract

This study realized for the Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (French national office for water and aquatic environments) presents the conventional chemical analysis data (8 heavy metals, PAHs, PCBs, TOC, particle size) available from river and waterway sediments and their possible correlations, their geographical differences and their regulatory compliance.

A database of chemical analysis of river sediments has been compiled from data of Voies Navigables de France (French waterways), Water Agency Adour Garonne, Artois Picardie, Loire Bretagne, Rhin Meuse and Rhone Méditerranée Corse and data from Service Public of Wallonie (Belgium). It has 314,856 lines and 12,850 samples covering a period of 28 years. Since the objectives of the monitoring programmes were probably different, the representativeness of those data is not known, particularly for potentially contaminated sediment.

The median levels of contaminants are as follows: As 7.27 mg/kg, Cd 0.65 mg/kg, Cr 36.0 mg/kg, Cu 21.7 mg/kg, Hg 0.13 mg/kg, Ni 19.0 mg/kg, Pb 32.6 mg/kg, Zn 130 mg/kg, sum of 16 PAH 1.47 mg/kg and sum of 7 PCBs 0.057 mg/kg. The median granulometric fractions are 11.9% clay, 52.3% silt, 29.5 sand, with 3.4% organic carbon. All parameters show skewed distributions (either normal or lognormal) dominated by few particularly contaminated samples (up to 15% for lead ...) and are best approximated by the median and other quantiles. The dispersion is maximum for cadmium, mercury and PAHs. Leaching test of metals and ecotoxicological test (*Brachionus* sp.), available for Direction Bassin de la Seine of VNF, don't show operational correlations with total metals and TOC. The results of the leachate tests collected (567 samples, including 560 from VNF Bassin de la Seine) show a rate of exceeding the threshold value for acceptance in landfills for inert waste between < 1 and 5% of the sediments tested depending on the parameter. All together, 12.0 % of the samples exceed at least for one metal the allowed leachable concentration for inert waste. According to the assessment criteria set up by the French Ministry in charge of Environment (MEEDDM), the results of the ecotoxicological tests collected (7 daphnia tests and 315 *Brachionus* tests, all from VNF Bassin de la Seine) show a rate of hazardous sediments of 3.6% of tested sediments. The sites are mostly sampled only once. Only 4,753 samples are analysed for the 8 heavy metals, PAHs, and PCBs. These data do not come from a monitoring network, but probably from one-shot measurement campaigns based on punctual objectives. This may induce a bias with an over-representation of contaminated areas in the sample.

Correlations between parameters (correlations in pairs and principal component analysis) are determined by a few extreme values distributions, and seem somewhat unoperational. A group of metal (cadmium - nickel - lead - zinc) are inter-related without clear relationship with the granulometry nor the TOC. Organic contaminants are moderately related to TOC, but not to the granulometry. A possible explanation is that contamination inputs are mainly of human origin and occurs probably at spot point and is not related to the retention capacity of sediment (clay, organic matter). The PAH most widely disseminated could be retained by the TOC of the sediment (correlation PAH - TOC). So, of course, because the fact that a sediment is clay-rich or carbon -rich does not mean that it is contaminated.

The rate of bulk concentrations exceeding the regulatory threshold S1 is 11.7%, mainly due to cadmium, zinc and lead, while the exceeding rate is smaller for arsenic, chromium, copper, mercury, and nickel and organic contaminants. Two of five samples exceed the threshold S1 with at least one metal, and less than 10% with PAHs and PCBs. The exceeding is rare and mostly due to one parameter for Water Agencies and VNF, but it concerns the majority of samples, and for more than one parameter, for VNF Nord-Pas-de-Calais and the Public Service of Wallonia, a legacy no doubt of past industrial activity. Overall, the rate of French samples exceed the threshold S1 with at least one parameter is 36 %.

Glossaire

∑ 16 HAP	Somme des 16 HAP de l'US EPA
∑ 7 PCB	Somme des 7 PCB
AE	Agence de l'Eau
ANOVA	ANalyse Of VAriance
As	Arsenic
BTEX	Benzène Toluène Ethylbenzène Xylène
C.V.	Coefficient de Variation
Cd	Cadmium
COT	Carbone Organique Total
Cr	Chrome
Cu	Cuivre
DIRBS	DIRection Bassin de la Seine, VNF
DIRCE - DDE71	DIRection Centre Est VNF - Direction Départementale des Eaux du 71
DIRNPdC	DIRection Nord Pas de Calais VNF
DIRRS	DIRection Rhône Saône VNF
DIRSO	DIRection Sud Ouest VNF
DIRSTR	DIRection STRasbourg VNF
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
Hg	Mercure
Ni	Nickel
Pb	Plomb
PCB	PolyChloroBiphényles
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
REPOM	Réseau national de surveillance des Ports Maritimes
VNF	Voie Navigable de France
Zn	Zinc

1. Introduction

Quelques 7 millions de m³ de sédiments sont gérés à terre par an. Les voies de gestion à terre comprennent la mise en dépôt ou les filières de valorisation (régalage, épandage, techniques routières, bâtiment travaux public, aménagement et réhabilitation de carrières...). La gestion à terre se heurte toutefois à différents problèmes d'ordres économiques et environnementaux. La connaissance des sédiments à stocker ou valoriser à terre est essentielle pour permettre de définir des filières de gestion viables.

Cette étude présente une vue synthétique sur la qualité des sédiments fluviaux au regard de leur potentiel de valorisation¹ et de leur impact environnemental en gestion à terre. En parallèle, l'INERIS a mené une étude similaire sur la qualité des sédiments maritimes².

Pour ce travail, les résultats de caractérisation des sédiments fluviaux disponibles ont été recueillis auprès des Voies Navigables de France, de 5 des 6 Agences de l'Eau du territoire Français en métropole (Adour Garonne, Artois Picardie, Loire Bretagne, Rhin Meuse et Rhône Méditerranée Corse), ainsi que du Service Public de Wallonie (Belgique). Nous adressons nos remerciements à ces gestionnaires qui ont bien voulu nous communiquer leurs données.

Les données sont présentées, les éventuelles corrélations entre contaminants, et les variations géographiques décrites notamment au regard du classement réglementaire.

Réalisée pour le compte de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) (action n°22 2009), du Ministère de l'Energie, de l'Ecologie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) (programme 181 DRC01 « Appui technique pour l'élaboration et l'actualisation de la réglementation liée à la gestion des déchets ») et du projet Interreg Gedset (« Gestion Durable des Sédiments Transfrontaliers » dans sa partie Nord Pas de Calais et Wallonie), cette étude entend apporter des bases pour les futurs guides de valorisation des sédiments (par ex. guide d'application du guide –actuellement en projet- sur la valorisation en techniques routières). Elle s'inscrit également en première phase d'un programme de R&D de l'INERIS sur la « Compréhension et prédiction des Transferts de polluants contenus dans les Sédiments de dragage valorisés à terre » (programme 190 TransSed, 2009-2012).

¹ Notamment au regard de la démarche du projet de guide sur la valorisation en technique routière (MEEDDM, 2009).

² *Qualité des sédiments marins en France : synthèse des bases de données disponibles*. Rapport d'étude, INERIS-DRC-10-95306-01412A, 2010.

2. Données et méthodes de traitements

2.1 Origine et description succincte des données

La création de cette base de données s'est effectuée après recueil des résultats de caractérisation de sédiments des Agences de l'Eau (AE), de Voies Navigables de France (VNF), et du Service Public de Wallonie, Belgique (SPW).

Les données sont issues de 12 gestionnaires différents. Dans un souci de lisibilité et d'interprétation, un rapprochement par zone géographique a été effectué (Tableau 1). Il est à noter que les délimitations administratives des Agences de l'Eau et des directions VNF ne se recoupent pas et ces zones géographiques ne sont données qu'à titre d'information.

Tableau 1 : Regroupement des gestionnaires des données en zones géographiques.

Zones géographiques	Agences de l'eau	Gestionnaires de canaux de navigation
Wallonie (B)	-	Service Public de Wallonie
Nord	AE Artois Picardie	VNF Nord-Pas-de-Calais
Bassin de la Seine	-	VNF Bassin de la Seine
Ouest et Centre	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est
Nord-Est	AE Rhin Meuse	VNF Strasbourg
Sud-Ouest	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest
Sud-Est	AE Rhône Méditerranée Corse	VNF Rhône-Saône

2.1.2 Agences de l'Eau

Sur les 6 Agences de l'Eau (AE) que compte la France métropolitaine, les données des agences Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin Meuse et Rhône Méditerranée Corse ont été recueillies. L'agence Seine Normandie n'a pu nous fournir les mesures sur sédiments dans les temps requis pour cette étude.

2.1.2.1 Artois Picardie

Les données fournies s'étendent d'une période allant de 1994 à 2008, et sont essentiellement des analyses sur les métaux. Des données sur les HAP, les PCB, sur quelques paramètres de la famille des organostanniques, ainsi que des mesures de granulométrie³ ont aussi été transmises.

2.1.2.2 Loire Bretagne

Les données recueillies via les archives de l'agence de l'eau Loire Bretagne présentent une haute résolution spatiale. En outre, elles remontent jusqu'à 1981. De nombreuses mesures sur les métaux et contaminants organiques, dont les HAP, les PCB (30 congénères et différents Aroclor), les BTEX, les dioxines, les chlorobenzènes, les chlorophénols, les COHV et de nombreux pesticides ont été transmises. Des fractions granulométriques et des mesures de COT ont aussi été transmises.

³ A noter l'absence de certaines fractions granulométriques pour un même échantillon, empêchant l'exploitation des données. Cela montre aussi l'absence de mesures systématiques.

2.1.2.3 Rhin Meuse

L'agence de l'eau Rhin Meuse nous a fourni des données sur les métaux, les HAP, les PCB, les chlorophénols, de nombreux pesticides, et des mesures sur le COT (mais pas de données de granulométrie). Les résultats d'analyses les plus anciens datent de 1994.

2.1.2.4 Adour Garonne

Les données sédiments pour l'agence de l'eau Adour Garonne remontent jusqu'à 1981. Elles comportent des résultats d'analyses sur les métaux, les HAP, les PCB ainsi que quelques données sur d'autres substances organiques (BTEX, chlorobenzènes, pesticides,...). A noter encore une fois l'absence de données granulométriques.

2.1.2.5 Rhône Méditerranée Corse

L'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse est l'agence de l'eau avec la plus grande superficie, le plus grand nombre d'échantillons et le plus grand nombre de données (40% des données totales). Nous retrouvons des analyses sur les métaux, les HAP, les PCB, les BTEX, les anilines, les chlorobenzènes, les chlorophénols, les COHV, les organostanniques, les pesticides et les phénols. Les mesures s'étendent de 2000 à 2008.

2.1.3 Voies Navigables de France

Les données ont été recueillies auprès de VNF, qui a rassemblé les informations transmises par les 6 directions régionales.

Les analyses ont été effectuées sur une période de 15 ans, entre 1994 et 2008. Quelques points de mesures ont été réalisés de l'autre côté de la frontière belge, sous la direction de VNF Nord-Pas-de-Calais. Les paramètres mesurés, pour l'ensemble des directions, comprennent les métaux, les HAP, les PCB, le COT et la granulométrie. En outre, des tests de lixiviation et des tests d'écotoxicologie ont été effectués par la direction Bassin de la Seine.

2.1.4 Service Public de Wallonie (B)

Afin de comparer, dans le cadre du projet Gedset, les caractéristiques des sédiments entre le Nord-Pas-de-Calais et la Belgique, nous avons incorporé les données du service Public de Wallonie, remontant jusqu'à 1995. Nous retrouvons des mesures de métaux, HAP, PCB, COT, et granulométrie.

2.1.5 Représentativité des données

Les objectifs des mesures ne sont pas renseignés dans les banques de données transmises et peuvent être différents : caractérisation systématique de la qualité des milieux aquatiques, recherches de pollutions, surveillance des rejets, préparation de dragages,...

Des biais peuvent résulter de différents objectifs et la représentativité des données par rapport aux sédiments, susceptibles d'être gérés à terre, n'est pas connue. La quantité importante des données peut toutefois limiter les biais éventuels.

2.2 Traitement des données

Les données sont disponibles avec (la plupart du temps) mention du **lieu** ou d'un code de lieu, et mention d'une **date** de prélèvement ou d'une année de prélèvement. Nous avons créé la clé de tri « **échantillon** » qui est un ensemble de paramètres et de résultats **pour un lieu et une date**.

Les traitements suivants ont été effectués :

- Importation des données :
 - o Création d'un format : une ligne = une information
- Complétion des données :
 - o Dates de prélèvement : en absence de toute donnée, date inconnue, et en présence de l'année uniquement, mise de la date au 30/06 de l'année ;
 - o Création d'un champ de lieu de prélèvement commun à toutes les bases, quand l'information est disponible (hétérogène ou parfois absente : VNF), du cours d'eau ou canal, de la commune, ou dans le cas le plus pauvre du seul numéro de prélèvement ;
 - o Création d'un champ échantillon (voir ci-dessus) par concaténation du lieu et de la date en format julien (nombre de jours depuis 01/01/1900);
 - o Suppression des données en double ;
 - o Création de paramètres explicites à partir des codes SANDRE seuls disponibles pour une Agence de l'Eau ;
 - o Harmonisation des dénominations de paramètres identiques (parfois délicate en l'absence de code SANDRE...);
 - o Assimilation du carbone organique et du carbone total au carbone organique total⁴ ;
 - o Assimilation de l'azote global à l'azote Kjeldahl⁵.
- Organisation de l'exploitation de la base.
 - o Création de familles de paramètres caractéristiques à deux niveaux⁶.
- Vérification de la base :
 - o Harmonisation des unités des paramètres : uniquement « % » (sur sec) et « mg/kg » (sec) hors teneur en eau sur brut (« % » sur brut), conductivité (« µS/cm ») et pH (« pH ») ;
 - o Conversion des valeurs (résultats d'analyses et de mesures) importées sous format texte en format nombre ;
 - o Vérification des valeurs minimales et maximales et suppression (neutralisation sous format texte et signalisation) ou correction éventuelle des valeurs aberrantes et signalisation ;

⁴ Le Carbone Total comprend le Carbone organique et le Carbone minéral des carbonates. la part de cette dernière forme est très mineure dans les zones non calcaires, plus incertaine (mais a priori encore mineure) dans des zones calcaires.

⁵ L'azote Kjeldahl comprend toutes les formes non oxydées de l'azote ; les formes oxydées nitriques et nitreuses sont mineures dans les sédiments.

⁶ Compte tenu du nombre de paramètres et des données, les différents paramètres ont été groupés en plusieurs niveaux appelés **Caractéristiques**, pour faciliter le traitement des données. Le premier niveau sépare les paramètres selon leur propriété physique et/ou chimique. Le deuxième niveau discrimine les paramètres importants et différencie des familles analytiques.

- Traitement des données inférieures à la limite de quantification : remplacement par la limite de quantification et création d'un champ « limite de quantification ».
- Calculs :
 - Recalcul de trois fractions granulométriques homogènes $0 < \phi < 2 \mu\text{m}$, $2 < \phi < 50$ ou $63 \mu\text{m}$, 50 ou $63 < \phi < 2000 \mu\text{m}$ (avec total de ces trois fractions = 100 %) et fraction $> 2000 \mu\text{m}$, à partir de diverses fractions (Tableau 2) ;
 - Calcul ou recalcul de la somme des 16 HAP (parfois 14 ou 15 mesurés, avec extrapolation aux 16/14^{ème} ou 16/15^{ème}) et des 7 PCB (parfois parmi une quinzaine mesurés) ;
 - Détermination des classes $< S1$ et $\geq S1$ par paramètres, par famille et par échantillon lorsque les données sont complètes.
- Tableaux descriptifs de synthèse.
- Mise sous forme tabulaire pour certaines statistiques.
- Analyses statistiques.

Tableau 2 : Harmonisation des fractions granulométriques par origine des données.

Fractions Granulométriques		VNF	Service Public de Wallonie	Agence de l'Eau Artois Picardie	Harmonisation
Argile		$0 < \phi < 2\mu\text{m}$	$0 < \phi < 2\mu\text{m}$	$0 < \phi < 2\mu\text{m}$	$0 < \phi < 2\mu\text{m}$
Limon	fin	$2 < \phi < 20\mu\text{m}$	$2 < \phi < 20\mu\text{m}$	$2 < \phi < 20\mu\text{m}$	$2 < \phi < 50/63\mu\text{m}$
	grossier	$20 < \phi < 50\mu\text{m}$	$20 < \phi < 50\mu\text{m}$	$20 < \phi < 40\mu\text{m}$ $40 < \phi < 63\mu\text{m}$	
Sable	fin	$50 < \phi < 200\mu\text{m}$	$50 < \phi < 2000\mu\text{m}$	$63 < \phi < 2000\mu\text{m}$	$50/63 < \phi < 2000\mu\text{m}$
	grossier	$200 < \phi < 2000\mu\text{m}$			
Refus		-	$\phi > 2000\mu\text{m}$	-	$\phi > 2000\mu\text{m}$

2.3 Seuil réglementaire pour les sédiments de cours d'eau

La réglementation pour la qualité des sédiments issus de cours d'eau et de canaux de navigation, en France, est définie dans l'article 1^{er} de l'arrêté du 09 Août 2006⁷. Les seuils de qualité influencent le régime de l'opération de dragage (autorisation ou déclaration). Ces seuils s'appliquent à 8 métaux lourds, ainsi qu'aux HAP et PCB totaux (Tableau 3).

Tableau 3 : Seuils de qualité S1 pris pour les sédiments de cours d'eau ou de canaux de navigations, d'après l'Arrêté du 9 Août 2006.

Paramètres	Seuil S1 (mg/kg)*
Métaux	
Arsenic	30
Cadmium	2
Chrome	150
Cuivre	100
Mercure	1
Nickel	50
Plomb	100
Zinc	300
Contaminants Organiques	
HAP totaux ⁸	0.68
PCB totaux ⁹	22.8

*En mg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction <2mm

Lorsque la valeur S1 est atteinte pour un paramètre au moins, selon l'article 2 de l'arrêté du 9 Août 2006, l'échantillon est classé « ≥ S1 ».

⁷ Cf. INERIS 2009 : *Impacts sur les milieux aquatiques des sédiments de dragage gérés à terre : Problématique, contexte réglementaire, modélisation du transfert de contaminants organiques*. Rapport d'étude, INERIS-DRC-08-95306-16457A

⁸ Les HAP totaux sont assimilés à la somme des 16 HAP de l'US-EPA (standard usuel).

⁹ Les PCB totaux sont assimilés à la somme des 7 congénères réglementaires (standard usuel).

3. Résultats et discussion

3.1 Base générale

La base de données de sédiments fluviaux de France et de la partie wallonne de la Belgique a été constituée à partir de données de différents organismes entre 1981 et 2008 (dates différentes suivant les gestionnaires de données) et regroupés par zones géographiques (Tableau 4).

Tableau 4 : Origine des données, nombre d'échantillons et nombre de paramètres, par zone géographique et gestionnaire de données (Agences de l'Eau et directions VNF).

Étiquettes de lignes	Nombre d'échantillons	Nombre de données 1	Nombre de données 2	Nombre de données Total
Wallonie	460	26 519	3 564	30 083
Service Public de Wallonie	460	26 519	3 564	30 083
Nord	4 423	49 216	4 888	54 104
AE Artois Picardie	2 648	31 030	1 604	32 634
VNF DIRNPdC*	1 775	18 186	3 284	21 470
Bassin de la Seine	565	14 030	2 882	16 912
VNF DIRBS*	565	14 030	2 882	16 912
Ouest et Centre	1 955	69 429	199 577	269 006
AE Loire Bretagne	1 878	68 596	199 394	267 990
VNF DIRCE*	77	833	183	1 016
Nord-Est	1 327	41 886	73 352	115 238
AE Rhin Meuse	1 239	41 000	73 352	114 352
VNF DIRSTR*	88	886	-	886
Sud-Ouest	1 803	28 066	20 352	48 418
AE Adour Garonne	1 782	27 759	20 334	48 093
VNF DIRSO*	21	307	18	325
Sud-Est	2 317	85 710	416 083	501 793
AE Rhône Méditerranée Corse	2 209	84 846	416 083	500 929
VNF DIRRS*	108	864	-	864
Total général	12 850	314 856	720 698	1 035 554

* DIRNPdC (Direction InterRégionale Nord Pas de Calais), DIRBS (Direction InterRégionale du Bassin de la Seine), DIRCE (Direction InterRégionale Centre Est), DIRSTR (Direction InterRégionale de Strasbourg), DIRSO (Direction InterRégionale Sud Ouest), DIRRS (Direction InterRégionale Rhône Saône).

La base compte initialement 1 035 554 données et 12 850 échantillons couvrant une période de 28 ans. Nous avons décidé de séparer les données en deux bases distinctes. La **base de données principale, objet du présent rapport**, comprend les contaminants principaux (partie 3.2.1) et des paramètres de milieu (carbone, azote, granulométrie). Elle contient 314 856 Données pour 12 850 échantillons. La **base de données complémentaire** regroupe les données restantes, majoritaires, dont beaucoup d'analyses de micropolluants organiques (en particulier des pesticides) issues des Agences de l'Eau Loire Bretagne et Rhône Méditerranée Corse. La liste complète des paramètres de chacune des bases est présentée en Annexe 1 et Annexe 2.

Les données issues des directions VNF sont moins nombreuses que les données des Agences de l'Eau, sauf pour les directions Nord-Pas-de-Calais et Bassin de la Seine.

La répartition des données de la base principale par caractéristique est présentée au Tableau 5.

Tableau 5 : Nombre de données par caractéristiques des sédiments pour la base de données principale.

Caractéristique des Paramètres	Nombre de données
Contaminants Inorganiques	122 389
Métaux ¹⁰	89 139
Métaux autres	33 250
Contaminants Organiques	172 303
HAP ⁹	87 183
HAP autres	10 702
PCB ⁹	43 026
PCB autres	31 392
Ecotoxicologiques	322
Tests écotoxicologiques	322
Lixiviation	7 139
Métaux lixi.	3 395
Métaux autres lixi.	3 744
Physico-Chimiques	8 765
Azote	551
COT	3 142
Siccité	5 072
Physiques	3 938
Granulométrie	3 938
Total général	314 856

La répartition des données montre une prédominance des données sur les métaux, les HAP et les PCB, et moins de données pour les autres paramètres, qui seront donc traités de façon moins approfondies.

¹⁰ Les 8 métaux lourds, les 16 HAP et les 7 PCB étudiés dans ce rapport.

3.2 Résultats

3.2.1 Analyses physico-chimiques

Dans ce rapport, les 25 paramètres suivants seront étudiés :

- Les 8 principaux contaminants métalliques ou métalloïdes (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc) ;
- La somme des 16 HAP et des 7 PCB, pour représenter les contaminants organiques ;
- Le Carbone Organique Total et l'Azote Kjeldahl ;
- Les différentes fractions granulométriques (argiles, limons, sables) ;
- Les tests de lixiviation pour les 8 métaux lourds analysés ;
- Les tests d'écotoxicités sur *Brachionus* et *Daphnies*.

Divers quantiles, grandeurs statistiques et tests de normalité sont présentés dans le Tableau 6 pour les métaux lourds et dans le Tableau 7 pour l'ensemble des autres paramètres étudiés.

Tableau 6 : Statistiques descriptives des concentrations totales en métaux lourds.

Statistiques sur sédiment sec	Métaux							
	Arsenic mg/kg	Cadmium mg/kg	Chrome mg/kg	Cuivre mg/kg	Mercure mg/kg	Nickel mg/kg	Plomb mg/kg	Zinc mg/kg
Nombre de données	10 956	11 943	8 740	11 072	11 791	11 498	11 966	11 053
Données « manquantes »	1 893	906	4 109	1 777	1 058	1 351	883	1 796
Moyenne	12.4	10.2	52.1	48.5	1.22	26.8	122	446
Ecart-type (n)	21.0	107	93.1	112	5.70	54.2	768	2 598
Coefficient variation (%)	1.70	10.5	1.79	2.31	4.69	2.02	6.28	5.82
Minimum	0.01	0.002	0.05	0.01	0.002	0.02	0.02	0.01
1%	0.02	0.002	2.50	1.40	0.005	1.75	0.30	12.2
10%	2.40	0.18	10.7	6.60	0.03	7.00	9.60	40.0
1er Quartile	4.20	0.30	20.0	12.0	0.05	11.6	17.7	69.0
Médiane	7.27	0.65	36.0	21.7	0.13	19.0	32.6	130
3ème Quartile	13.7	2.00	58.6	45.0	0.40	30.0	78.4	305
90%	25.0	5.50	96.5	99.9	1.30	45.3	215	882
99%	83.5	187	321	426	31.0	153	1 232	4 519
Maximum	1 005	7 285	5 300	4 330	200	2 380	50 420	142 500
Seuil S1	30	2	150	100	1	50	100	300
Distribution normale	Non	non	non	non	non	non	non	non
Distribution log-normale	Non	non	non	non	non	non	non	non
Quantile 90%/10%	10	31	9	15	43	6	22	22

En gras, les concentrations \geq aux valeurs seuil S1

Des mesures en métaux « totaux » sont disponibles pour 90% des échantillons, à l'exception du chrome, avec l'absence de mesure pour l'agence de l'eau Artois Picardie (cf. Annexe 1). Les

moyennes pour le cadmium, le mercure, le plomb et le zinc sont supérieures aux valeurs S1. Tout comme le 90^{ème} percentile pour ces mêmes éléments, et le 3^{ème} Quartile pour le cadmium et le zinc. En revanche les médianes sont toutes inférieures aux seuils S1. Le Cadmium et le zinc sont les deux paramètres avec le plus grand nombre d'échantillons supérieurs au seuil, et sont donc à surveiller principalement.

Tableau 7 : Statistiques descriptives pour les contaminants organiques, les différentes fractions granulométriques, les paramètres physico-chimiques.

Statistique sur sédiment sec	Organiques		Granulométrie ¹¹			Physico-chimie	
	∑ 16 HAP mg/kg	∑ 7 PCB mg/kg	Argiles %	Limons %	Sables %	COT mg/kg	Azote Kjeldahl mg/kg
Nombre de données	5 687	6 531	1 138	1 138	1 138	3 141	551
Données « manquantes »	7 162	6 318	11 711	11 711	11 711	9 708	12 298
Moyenne	8.71	0.20	14.4	47.4	38.2	42 085	2 975
Ecart-type (n)	77.7	9.87	10.2	24.3	27.8	39 410	3 546
Coefficient variation (%)	8.92	49.5	0.71	0.51	0.73	0.94	1.19
Minimum	0.01	7.00E-05	0	0	0.01	16.0	0.05
1%	0.01	7.00E-04	0.34	0.44	1.57	1 000	100
10%	0.24	0.007	3.00	7.66	9.69	4 400	350
1er Quartile	0.53	0.018	6.21	28.8	16.2	13 400	808
Médiane	1.47	0.057	11.9	52.3	29.5	34 000	2 300
3ème Quartile	5.04	0.070	21.1	66.3	55.6	59 565	4 100
90%	14.2	0.140	29.2	75.8	86.5	87 094	6 097
99%	90.0	0.650	41.9	88.1	98.5	162 544	14 733
Maximum	3 363	798	55.7	93.7	100	758 000	53 600
Seuil S1	22.8	0.68	-	-	-	-	-
Distribution normale	non	non	non	non	non	non	non
Distribution log-normale	non	non	non	non	non	non	non
Quantile 90%/10%	60	20	10	10	9	20	17

En gras, les concentrations ≥ aux valeurs seuil S1

Pour les HAP et les PCB, les données sont moins nombreuses que pour les métaux. Les seuils S1 sont dépassés qu'au delà du 90^{ème} centile, avec des maxima 100 à 1000 fois supérieurs. La dispersion pour les HAP (ratio Q 9% / Q 10%) est maximale.

La distribution granulométrique est très variable, avec des échantillons de type très argileux au type totalement sableux. Le Carbone Organique Total varie des sédiments minéraux (graviers grossiers, <0.5 % de carbone) aux sédiments tourbeux (30 % de carbone, soit près de 60 % de matière

¹¹ Les trois fractions granulométriques correspondent aux argiles (0 < φ < 2μm), aux limons (2 < φ < 50/63μm) et aux sables (50/63 < φ < 2000μm).

organique), avec une médiane à 3.4 % de carbone. L'azote, mesuré uniquement sur 551 échantillons de l'Agence de l'Eau Adour Garonne, ne sera plus pris en compte à partir de maintenant.

Toutes les distributions sont asymétriques et non normales (gaussiennes) ni log-normales, avec de nombreuses valeurs faibles, et quelques valeurs extrêmes. Une illustration pour l'arsenic est donnée dans la Figure 1 et la Figure 2 et dans le Tableau 8, ainsi que la détermination du maxima (Tableau 8). Les moyennes sont donc toujours nettement supérieures aux médianes, à cause de ces valeurs extrêmes indiquées par le maximum et les percentiles 90 et 99.

Dans le contexte de distribution dominée par quelques valeurs extrêmes, une approche de la dispersion par le rapport de la concentration du 90ème quantile sur le 10ème quantile peut être plus adaptée que l'écart type. Le mercure (43), cadmium (31), ainsi que plomb (22) et zinc (22) connaissent une forte dispersion, sans prendre en compte des valeurs extrêmes. Au contraire, le nickel, le chrome et l'arsenic ont un rapport quantile 90% / 10% inférieur à 10.

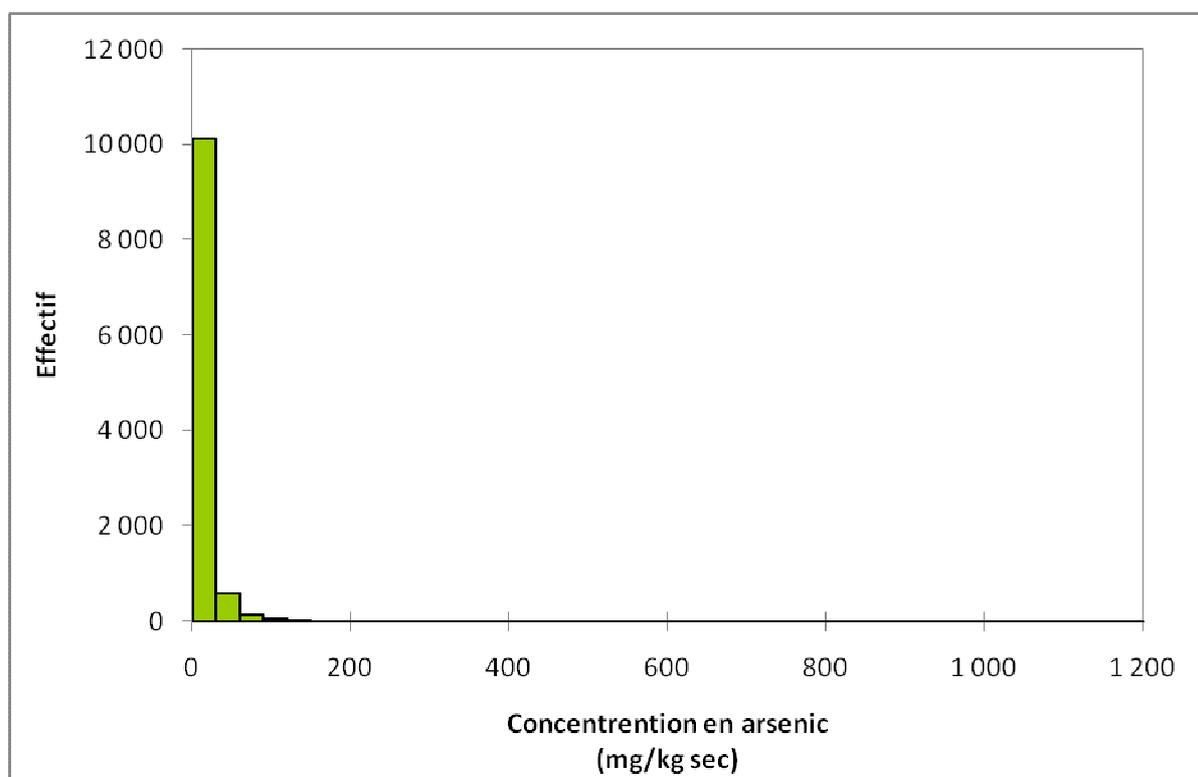


Figure 1. : Histogramme de distribution de la concentration en arsenic pour l'ensemble du jeu de données, selon un pas de 30 mg/kg (seuil S1).

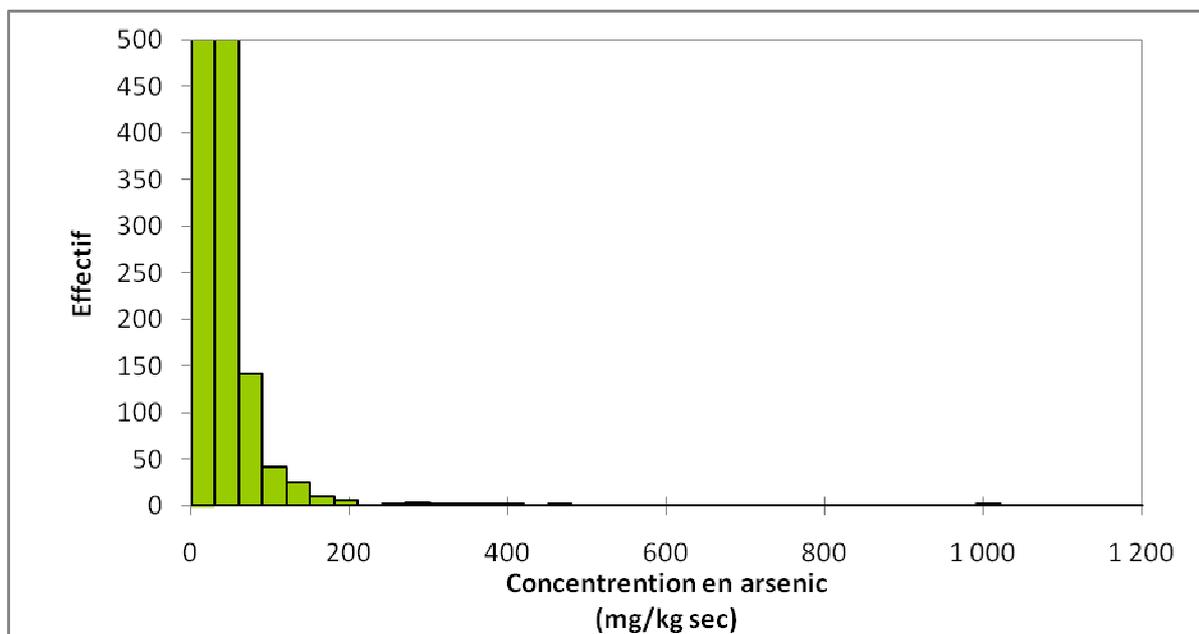


Figure 2 : Histogramme de distribution de la concentration en arsenic pour l'ensemble du jeu de données, selon un pas de 30 mg/kg (seuil S1), avec coupure de l'axe des y à 500.

Tableau 8 : Distribution de la concentration en arsenic pour l'ensemble du jeu de données avec un pas équivalent à la valeur seuil S1 de 30 mg/kg.

Borne inf mg/kg sec	Borne sup	Effectif	Fréquence
0	30	10132	0.925
30	60	591	0.054
60	90	141	0.013
90	120	41	0.004
120	150	24	0.002
150	180	10	0.001
180	210	6	0.0005
210	240	0	0
240	270	1	0.0001
270	300	3	0.0003
300	330	1	0.0001
330	360	1	0.0001
360	390	1	0.0001
390	420	1	0.0001
420	450	0	0
450	480	2	0.0002
480	990	0	0
990	1 020	1	0.0001

92.5 % des échantillons d'arsenic sont regroupés dans la première gamme de concentration, inférieure ou égale au seuil S1 (30 mg/kg) et 98% des échantillons sont inférieure à 2 fois le seuil S1. Les valeurs extrêmes (jusqu'à 300 fois la valeur seuil S1) expliquent la non normalité de la distribution en arsenic, ce qui est retrouvé pour tous les autres paramètres.

3.2.2 Essais de lixiviation et tests écotoxicologiques

VNF a mis en place un protocole de caractérisation des sédiments en trois classes de déchets¹² (guide dragage, VNF 2008) utilisant des tests de lixiviation de métaux et des tests écotoxicologiques.

Les tests de lixiviations ont été effectués sur 8 métaux lourds pour un ensemble de 567 échantillons (Tableau 9), dont 560 pour la seule direction Bassin de la Seine de VNF (cf. Annexe 1). Les résultats sont exprimés en métal lixiviable par kg de matière sèche de sédiment et comparés aux seuils d'acceptation en Installation de Stockage pour Déchets Inertes (ISDI).

Tableau 9 : Statistiques descriptives pour les tests de lixiviations des 8 métaux lourds.

Statistique	Lixiviation							
	Arsenic mg lix/kg	Cadmium mg lix/kg	Chrome mg lix/kg	Cuivre mg lix/kg	Mercure mg lix/kg	Nickel mg lix/kg	Plomb mg lix/kg	Zinc mg lix/kg
Nombre de données	567	567	567	560	567	567	567	567
Données « manquantes »	12 282	12 282	12 282	12 289	12 282	12 282	12 282	12 282
Moyenne	0.08	0.01	0.06	0.10	0.01	0.05	0.06	0.43
Ecart-type (n)	0.10	0.02	0.08	0.20	0.01	0.03	0.09	1.95
Coefficient variation (%)	1.23	2.1	1.32	2.00	1.31	0.72	1.60	4.57
Minimum	0.02	0.002	0.01	0.01	0.002	0.01	0.02	0.01
1%	0.02	0.002	0.01	0.01	0.002	0.01	0.02	0.01
10%	0.02	0.002	0.05	0.01	0.002	0.02	0.02	0.01
1er Quartile	0.02	0.002	0.05	0.01	0.002	0.02	0.02	0.10
Médiane	0.05	0.01	0.05	0.10	0.010	0.05	0.02	0.20
3ème Quartile	0.10	0.01	0.05	0.10	0.010	0.05	0.05	0.30
90%	0.20	0.01	0.08	0.10	0.010	0.06	0.11	0.65
99%	0.50	0.05	0.39	0.54	0.050	0.17	0.45	3.73
Maximum	1.10	0.43	1.60	4.00	0.201	0.50	1.10	41.9
Seuil ISDI	0.5	0.04	0.5	2	0.01	0.4	0.5	4
Echantillons ≥ Seuil (%)	1.4	4.3	0.7	0.2	3.4	0.2	0.9	0.9
Distribution normale	non	non	non	non	non	non	non	non
Distribution log-normale	non	non	non	non	non	non	non	non
Quantile 90%/10%	10	5	2	10	5	3	6	65

En gras, les concentrations > aux valeurs seuil ISDI

Les valeurs moyennes sont supérieures ou égales aux valeurs médianes, mais restent inférieures ou égales aux valeurs réglementaires pour le stockage en décharge des déchets inertes¹³. Le taux de dépassement des seuils d'acceptation en Installation de Stockage pour Déchets Inertes (ISDI) se situe entre 1 et 5% ou inférieur à 1% selon les paramètres, pour les sédiments testés. Une valeur de

¹²Trois classes de déchets définies selon la contamination (indice QSm = somme pondérée des ratios concentrations/S1), la dangerosité (test écotoxicologique) et le risque de transfert (lixiviation) des sédiments, pour différencier les déchets inertes, les déchets non inertes non dangereux et les déchets dangereux.

¹³ Valeur réglementaire applicable selon l'arrêté du 15 mars 2006 sur le stockage en décharge pour déchets inertes.

métaux lixiviables sur deux est inférieure à la limite de quantification¹⁴, ce qui peut expliquer les valeurs identiques pour les centiles les plus petits et la faible dispersion observée pour 7 des 8 Métaux (sauf le zinc). Au total, 12.0 % des échantillons ont au moins une concentration en métal lixiviable supérieure au seuil d'acceptation en ISDI.

Les corrélations entre les concentrations lixiviables et concentrations totales en métaux sont comparées dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Coefficient de corrélations R entre les concentrations sur brut et lixiviables, par métal.

	Coef de corrélation Total/lixiviat
Arsenic	0.515
Cadmium	0.326
Chrome	0.639
Cuivre	0.451
Mercure	0.060
Nickel	0.244
Plomb	0.110
Zinc	0.170

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0.01

Des corrélations sont admises, avec $p=0.99$, pour l'ensemble des métaux sauf le mercure. Les corrélations sont moindres pour le nickel, le plomb et le zinc comparés à l'arsenic, au cadmium, au chrome et au cuivre.

Les concentrations lixiviables en fonction des concentrations totales sont présentées de la Figure 3 à la Figure 10 (note : Les "paliers" observés peuvent correspondre à différents seuils de quantification).

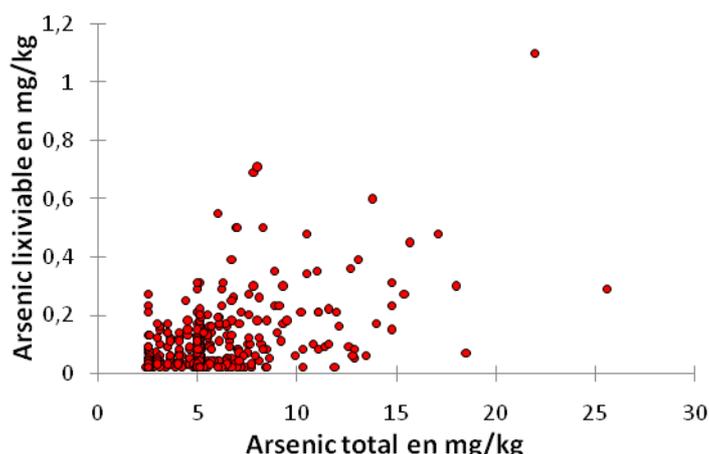


Figure 3 : Concentration en arsenic lixiviable en fonction de la concentration en arsenic total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF.

¹⁴ Afin de prendre en compte les échantillons avec une mesure inférieure à la limite de quantification, nous avons décidé d'estimer la valeur de la mesure par la limite de quantification, lors des tests statistiques. Il faut donc garder à l'esprit que certaines valeurs statistiques sont ainsi tirées vers le haut, par exemple la moyenne des teneurs en mercure lixiviable, qui est inférieure au seuil de 0,01 mg/kg une fois cet artéfact levé.

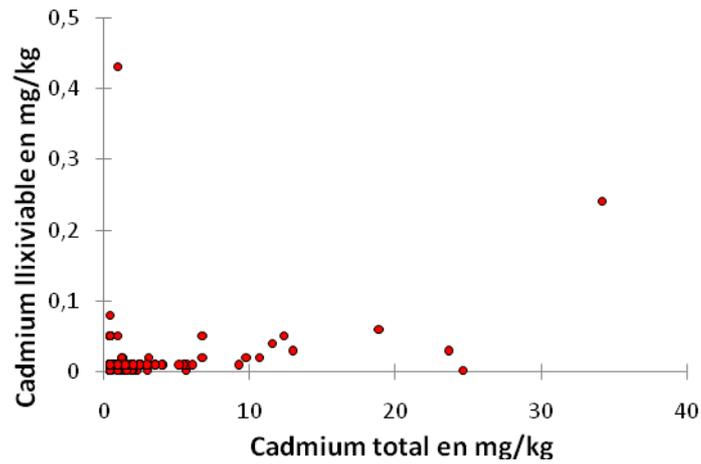


Figure 4 : Concentration en cadmium lixiviable en fonction de la concentration en cadmium total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF.

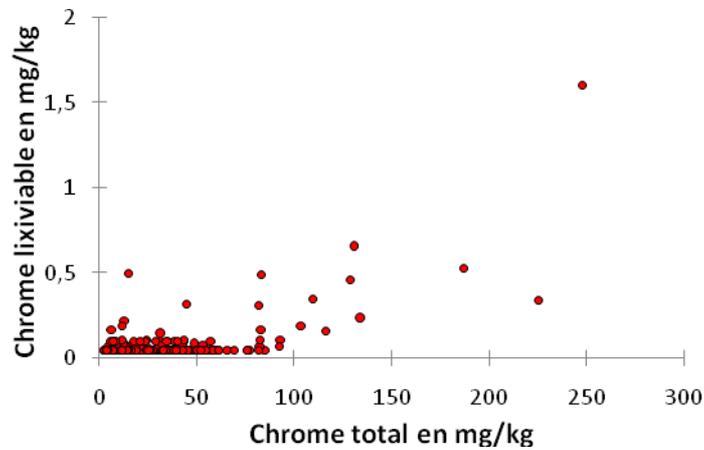


Figure 5 : Concentration en chrome lixiviable en fonction de la concentration en arsenic total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF.

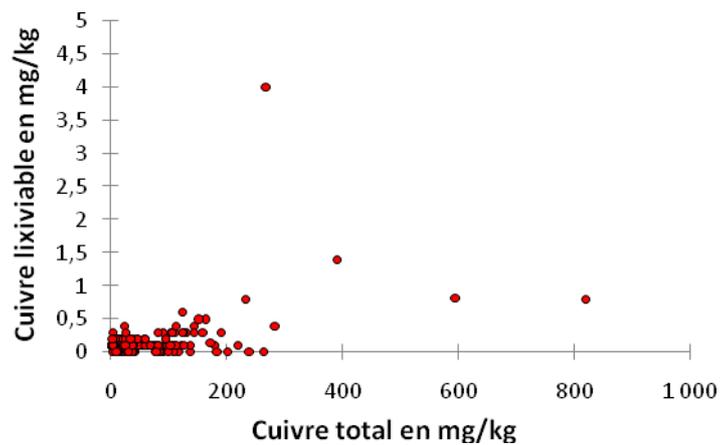


Figure 6 : Concentration en cuivre lixiviable en fonction de la concentration en cuivre total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF.

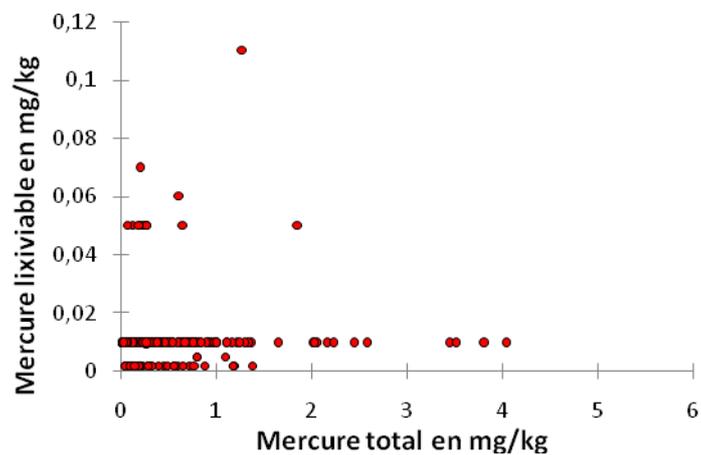


Figure 7 : Concentration en mercure lixiviable en fonction de la concentration en mercure total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF.

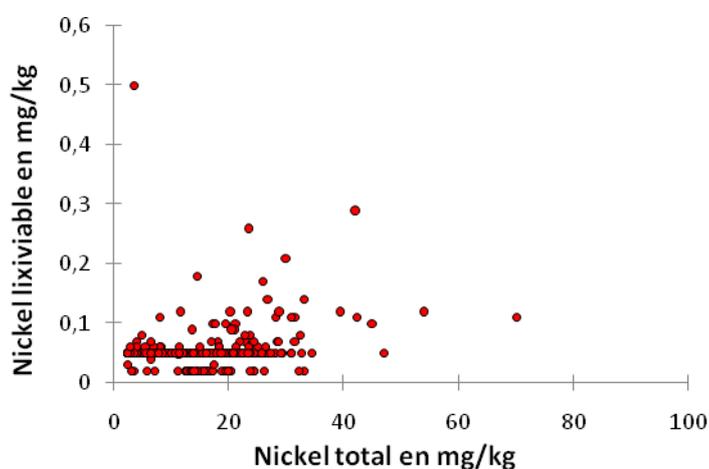
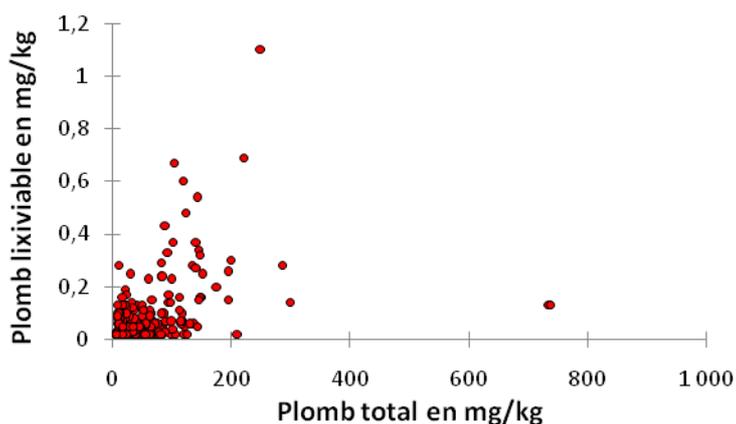


Figure 8 : Concentration en nickel lixiviable en fonction de la concentration en nickel total pour les données de la direction Bassin de La Seine de VNF.



Note : un point extrême à > 7000 mg/kg sur brut et 0,1 mg/kg lixiviable n'est pas représenté ici.

Figure 9 : Concentration en plomb lixiviable en fonction de la concentration en plomb total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF, sans prise en compte des 3 points les plus contaminés.

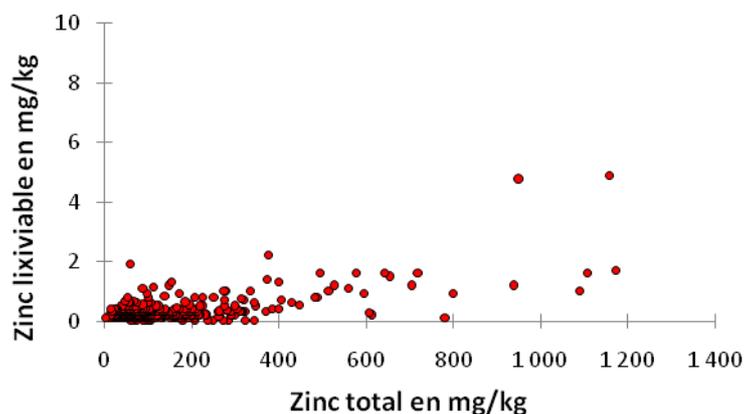


Figure 10 : Concentration en zinc lixiviable en fonction de la concentration en zinc total pour les données de la direction Bassin de la Seine de VNF, sans prise en compte des 3 points les plus contaminés.

Les résultats inférieurs à la limite de quantification pour les concentrations lixiviables (nuages de points horizontaux) sont perceptibles et nombreuses pour le mercure et le nickel. Il en résulte une absence de corrélation pour le mercure et une très faible corrélation pour le nickel. Les autres métaux présentent ces mêmes paliers, mais moins visibles à cause des maxima plus importants qui déterminent l'échelle des graphes.

Graphiquement, les nuages de points ne sont pas convaincants d'une corrélation¹⁵ (linéaire ou non linéaire) et on ne peut donc conclure sur une relation opérationnelle entre la concentration lixiviable et la concentration totale, pour un métal.

En complément des essais de lixiviations, des tests écotoxicologiques ont été effectués par VNF Bassin de la Seine (Tableau 11).

¹⁵ Les paliers et les valeurs extrêmes faussant la corrélation obtenue, aucune droite de corrélation ne peut être mise en évidence.

Tableau 11 : Statistiques descriptives pour les tests d'écotoxicologie.

Statistique sur sédiment sec	Ecotoxicologie	
	Test Brachionus CE20 (%)	Test Daphnies CE50 (%)
Nombre de données	315	7
Valeurs manquantes	12 534	12 842
Moyenne	61.9	90.0
Ecart-type (n)	38.5	0
Coefficient variation (%)	0.62	0
Minimum	0.17	90.0
1%	0.17	90.0
10%	6.00	90.0
1er Quartile	23.8	90.0
Médiane	78.5	90.0
3ème Quartile	100	90.0
90%	100	90.0
99%	100	90.0
Maximum	100	90.0
Seuil	1	-
Echantillons ≥ Seuil	3,6	-
Distribution normale	non	non
Distribution log-normale	non	non
Quantile 90%/10%	17	1

Légende : En gras, les valeurs inférieures au seuil

Le test daphnies indique la concentration, notée CE50 en pourcentage de dilution du lixiviat, du produit pour obtenir une immobilisation de 50% de la population sous 48 heures. Compte tenu du faible nombre des tests réalisés (7), on se bornera ici à signaler que les résultats transmis n'indiquent pas d'écotoxicité et donc de dangerosité au regard du critère retenu par VNF et par le MEEDDM¹⁶ (écotoxique si CE50 < 10%).

Le test Brachionus indique la concentration, notée CE20 en pourcentage de dilution du lixiviat, du produit pour obtenir une inhibition de 20% de la population sous 48 heures. Un sédiment est considéré écotoxique et dangereux par VNF lorsque le résultat du test est inférieur à 1 % (Schéma Directeur Régional des terrains de Dépôt, VNF 2008). Le même critère a été retenu par le MEEDDM pour ce paramètre.

Pour plus de 25% des échantillons, aucune inhibition n'a été détectée en présence des lixiviats non dilués de sédiments (valeur égale à 100%). Médiane et moyenne sont supérieures à la valeur de

¹⁶ Test H14 pour les sédiments : présentation du protocole proposé pour validation par le groupe de travail « Dangerosité des sédiments » du MEEDDM et argumentaire succinct des choix effectués. C. Mouvet, P. Vaillant, M. Babut et P. Pandard, Version du 2 octobre 2009.

référence. Le seuil se situe entre le 1^{er} et le 10^{ème} centile : le taux de sédiments classé dangereux par ce test est de 3.5% des sédiments testés.

Les corrélations entre les métaux totaux et le test Brachionus (Tableau 12) sont peu convaincantes (échantillons¹⁷ de la Direction Bassin de la Seine) :

Tableau 12 : Coefficients de corrélation R entre les tests Brachionus et les concentrations en métaux totaux.

Variables	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre	Mercuré	Nickel	Plomb	Zinc
Test Brachionus	-0.109	-0.219	-0.261	-0.200	-0.217	-0.221	-0.053	-0.125

Légende : Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0.01

Les corrélations sont significatives et négatives pour le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure et le nickel. Le fait que R soit négatif est induit par le sens de variation du résultat d'un test écotoxicologique : le résultat est arithmétiquement plus petit si l'effet est plus grand. La corrélation avec le chrome (corrélation la plus significative) est présentée à la Figure 11.

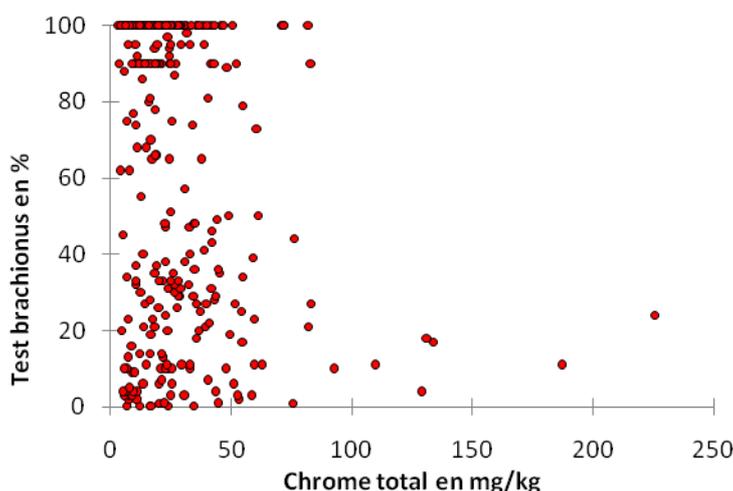


Figure 11 : Test Brachionus en fonction de la teneur en chrome total pour les données de la direction bassin de la Seine de VNF.

Nous n'identifions pas de relation opérationnelle entre la concentration en chrome et la valeur du test Brachionus, mais un nuage de point sans corrélation particulière. Les faibles valeurs de corrélations obtenues pour l'ensemble des métaux ne sont donc pas validées. Il n'est pas possible de relier la concentration en métaux à un effet écotoxique avec les données disponibles.

¹⁷ Pour les 314 échantillons avec des données sur les 8 métaux lourds et le test Brachionus.

3.2.3 Variations temporelles

3.2.3.1 Disponibilité de séries chronologiques inter-annuelles

La Figure 12 présente la distribution du nombre d'années de prélèvement pour chaque lieu. **On voit que presque 80 % des lieux ne sont prélevés qu'une fois en 28 ans.** Les données ne constituent donc pas un réseau (comme les réseaux de suivi de la qualité de l'eau ou le réseau de suivi de la qualité des sédiments marins REPOM) mais une collection de données ponctuelles.

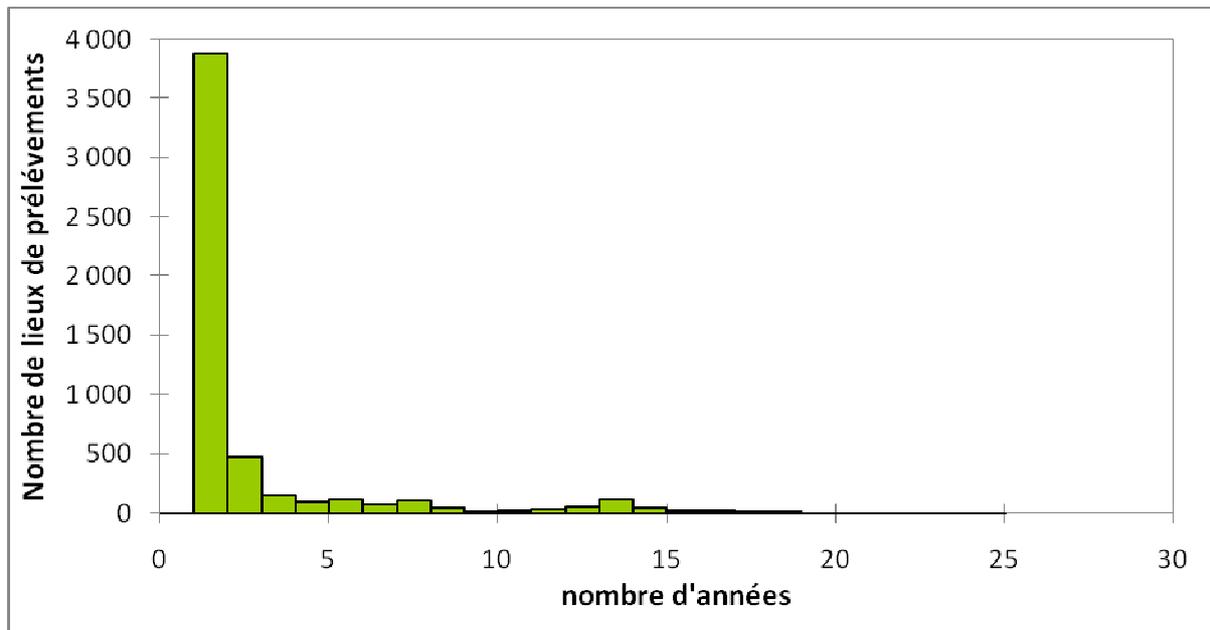


Figure 12 : Distribution du nombre d'années de prélèvement par lieu de prélèvement.

Il n'est donc pas possible de présenter des données statistiquement établies de suivi temporel d'un même lieu pour un même paramètre.

A titre d'information, nous présentons deux séries chronologiques pour l'arsenic (Figure 13) et les HAP (Figure 14), d'un des lieux suivis au cours du temps et dénommé « 9000 à Agence de l'Eau Loire Bretagne ».

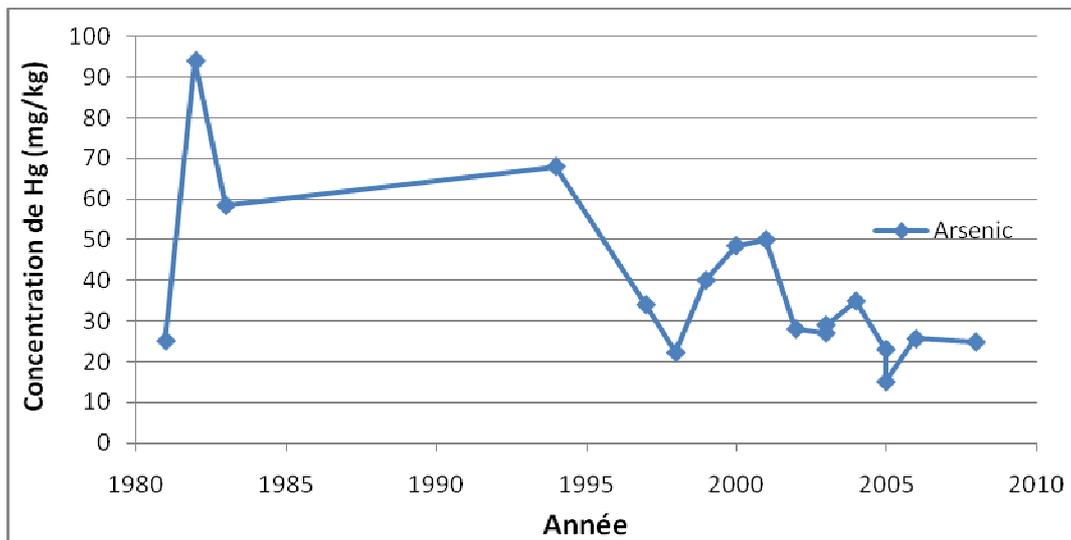


Figure 13 : Exemple de variabilité interannuelle : teneur en Arsenic (mg/kg) du lieu « 9000 à Agence de l'Eau Loire Bretagne » au cours du temps.

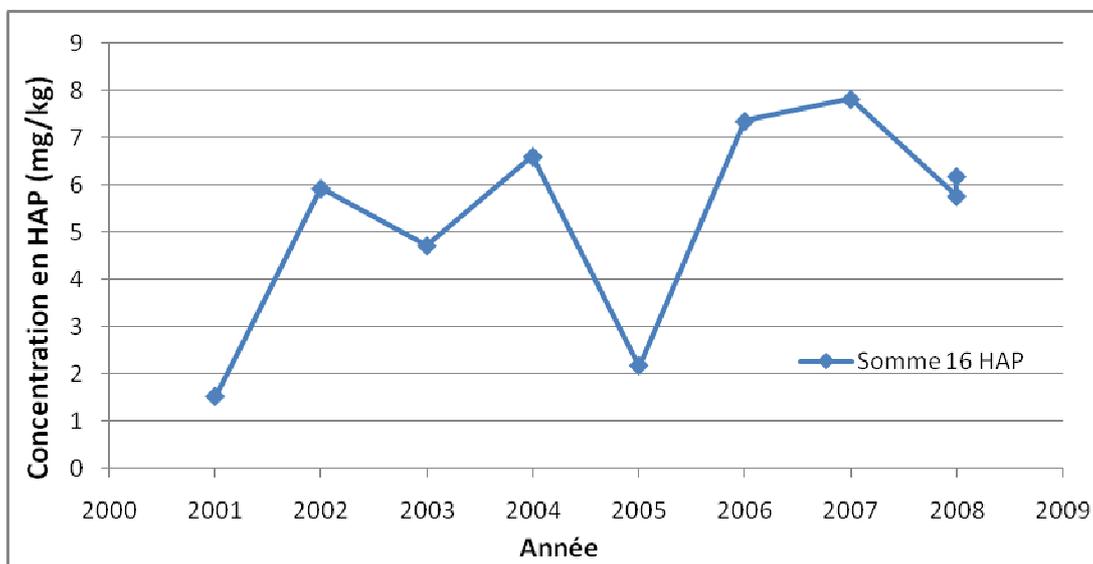


Figure 14 : Exemple de variabilité interannuelle : teneur en HAP (mg/kg) du lieu « 9000 à Agence de l'Eau Loire Bretagne » au cours du temps.

Des variations importantes au cours des années sont mises en évidence pour la teneur en arsenic (baisse probable) et en HAP, alors que la variabilité intra-annuelle (mesures en double en 2003 et 2005 pour l'arsenic et en 2008 pour les HAP) est plus réduite.

3.2.3.2 Disponibilité de séries chronologiques intra-annuelles

Un échantillon est un ensemble de paramètres mesurés en un lieu et à une date d'échantillonnage. Pour cette base de données, les campagnes vont de 1981 à 2008. Mais nous avons très peu d'information avant 1994. Les campagnes de mesures sur les sédiments sont de plus en plus nombreuses avec le temps. La Figure 15 montre le nombre de lieux et le nombre d'échantillons par année.

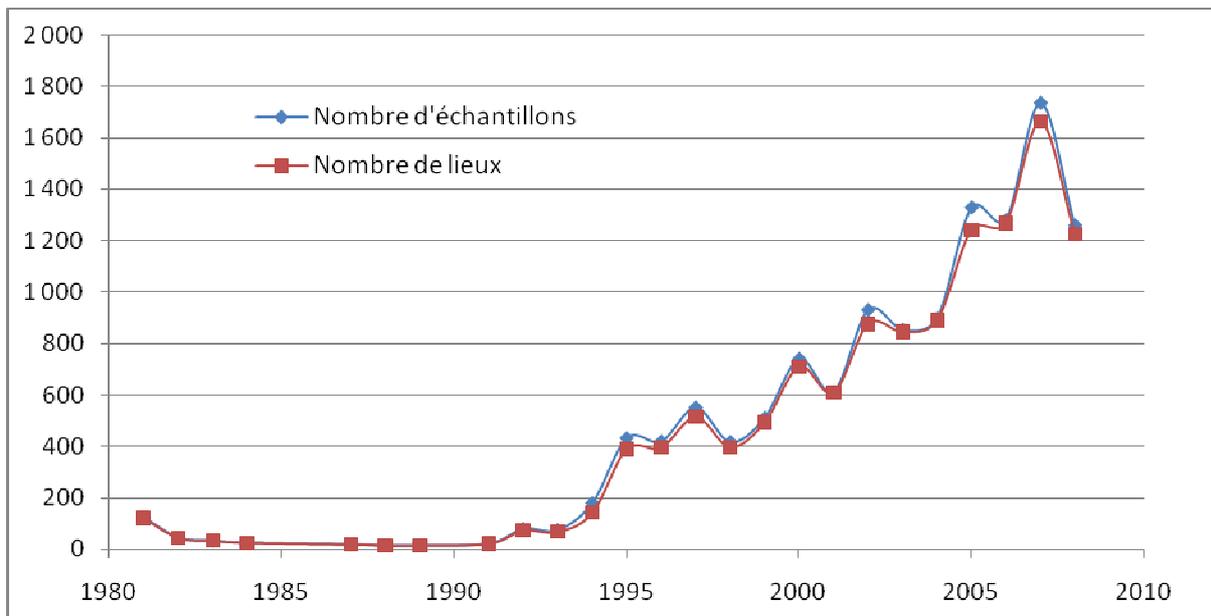


Figure 15 : Nombre d'échantillons et nombre de lieux par année, pour l'ensemble des données.

Une différence entre le nombre d'échantillons et le nombre de lieux par année montre la présence de plusieurs campagnes de prélèvements la même année. Ce qui n'est pas le cas dans l'ensemble : on a généralement 1 échantillon par année.

Conclusion de la recherche de variabilité intra ou inter annuelle

Les lieux de prélèvement sont majoritairement échantillonnés une seule année, et ne constituent donc pas des réseaux réguliers de surveillance mais des campagnes de mesures ponctuelles. De plus, il n'y a pratiquement pas de répétition au cours d'une année. Une étude temporelle de séries de concentrations n'est donc pas possible.

3.2.4 Variations géographiques

3.2.4.1 Informations géographiques disponibles

Les informations géographiques des lieux de prélèvement dans les bases de données originelles sont toutes différentes : région, département, commune, code lieu gestionnaire, coordonnées X Y, cours d'eau, information détaillée de la localisation du point de prélèvement, subdivision administrative du Gestionnaire des données. Il n'y a pas d'information sur les bassins hydrographiques.

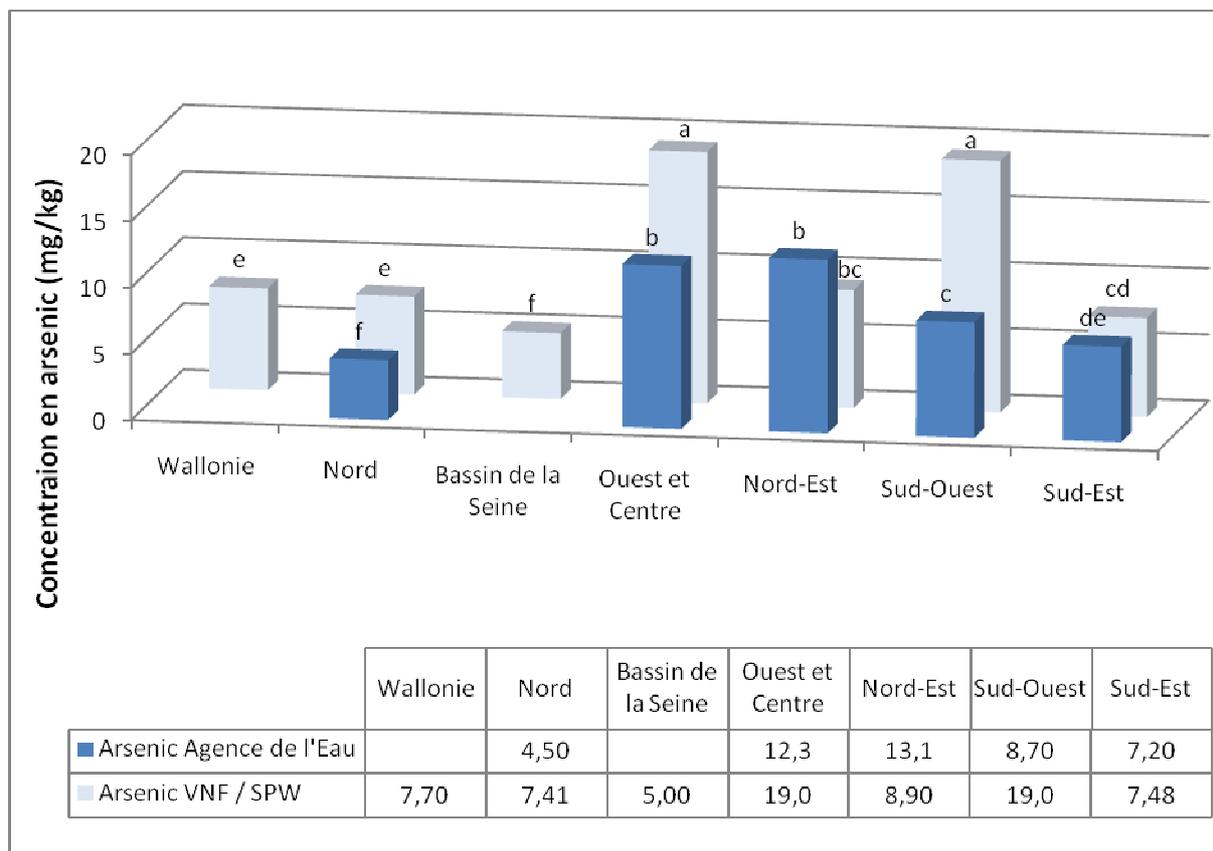
Il n'est donc pas possible dans ce rapport de rechercher des distributions géographiques des compositions chimiques de sédiments, autre que par gestionnaire de la base de données ou par regroupement des gestionnaires en zones géographiques.

3.2.4.2 Concentrations médianes en contaminants par gestionnaire de données

Comme les données ne sont pas normales ni log-normales, les comparaisons des concentrations par paramètre entre divers gestionnaires de données est effectuée par le test de Kruskal-Wallis, souvent utilisé comme une alternative à l'ANOVA¹⁸ en l'absence de normalité (description de « Xlstat », logiciel de statistique utilisé dans cette étude). La comparaison teste si k échantillons proviennent de la même population, ou de populations ayant des caractéristiques identiques, à l'aide d'un paramètre de position de rang des données classées par ordre croissant. Ce paramètre de position est conceptuellement proche de la médiane, mais le test de Kruskal-Wallis prend en compte plus d'informations que la position au seul sens de la médiane. Les teneurs en contaminants sont comparées ($p=0.95$), avec attribution d'une même lettre aux teneurs non différentes. **Les teneurs en contaminants sont présentées ici graphiquement par leur médiane par gestionnaire. Le paramètre de position n'étant pas exactement la médiane, il se peut qu'un même groupe comprenne des médianes très différentes** (Figure 16 à Figure 23 pour les métaux, Figure 24 et Figure 25 pour les contaminants organiques, Figure 26 pour le COT et Figure 27 pour la granulométrie).

Nous avons regroupé les gestionnaires par zone géographique. Il est rappelé que le nombre d'échantillons VNF est moindre que celui des Agences de l'Eau (Tableau 4). Le faible nombre d'échantillons de certaines directions VNF (métaux : VNF Sud-Ouest 21 échantillons, VNF Centre-Est 77 échantillons, VNF Strasbourg 87 échantillons, autres directions > 100 échantillons) peut affaiblir les comparaisons.

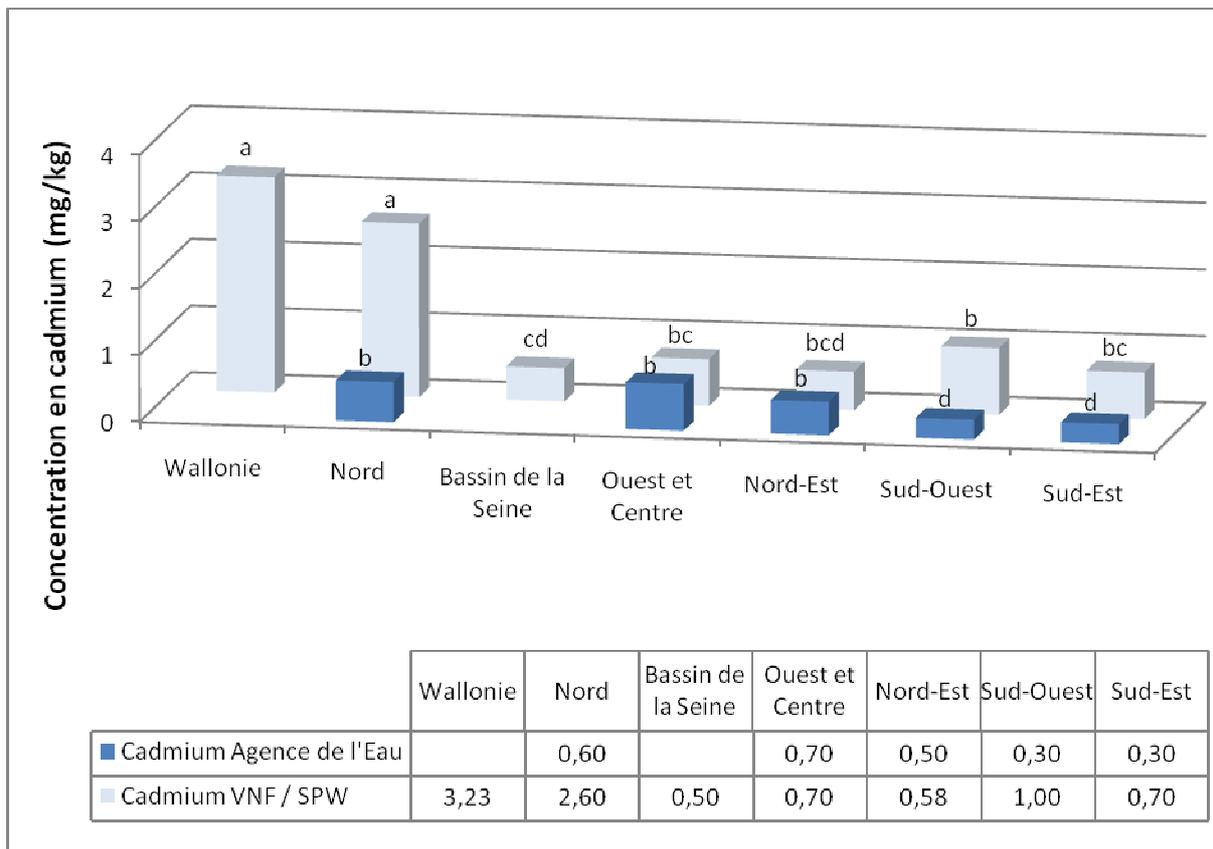
¹⁸ Test d'analyse de la variance



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 16 : Concentrations médianes en arsenic (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

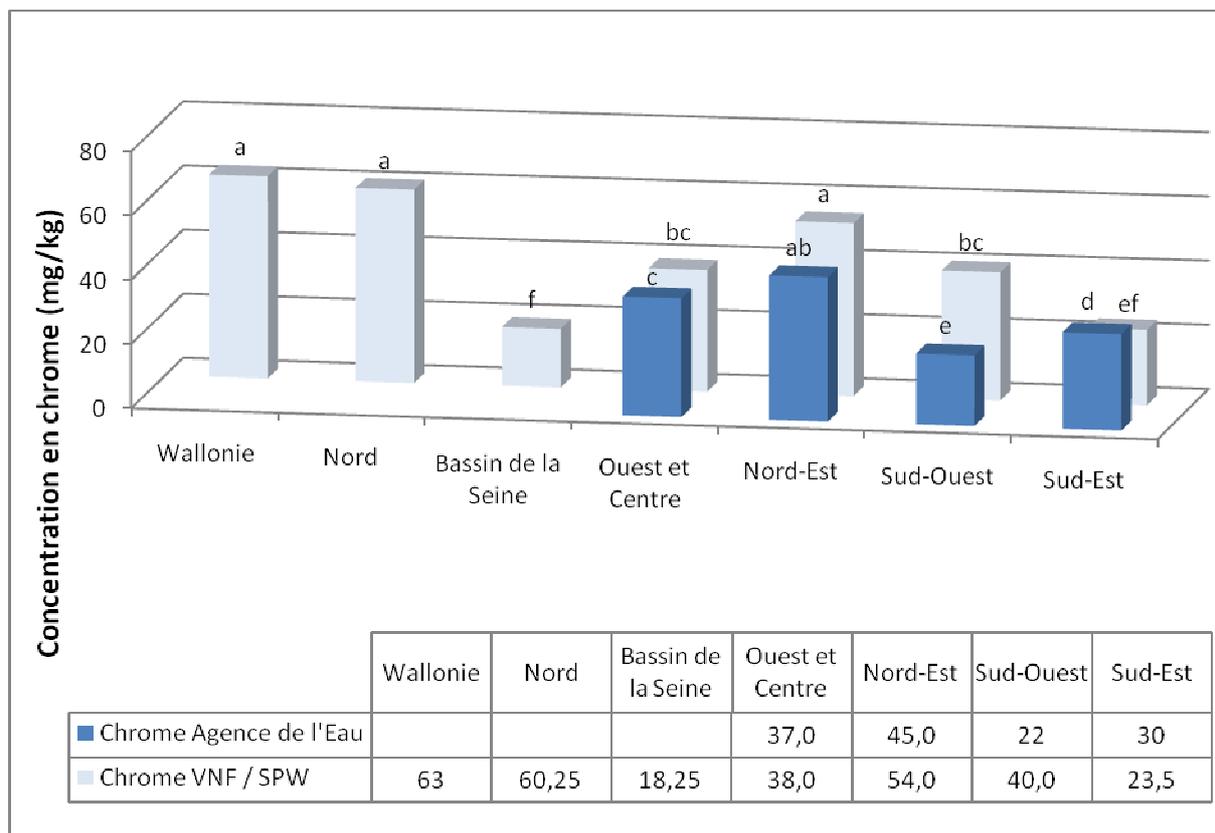
Les concentrations médianes en arsenic sont liées aux gestionnaires: les données de VNF (principalement des canaux) sont toujours supérieures ou égales aux données des agences de l'eau (davantage des rivières), sauf Nord-Est. Les concentrations médianes sont les plus élevées dans l'Ouest et Centre, le Nord-Est et le Sud-Ouest.



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 17 : Concentrations médianes en cadmium (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

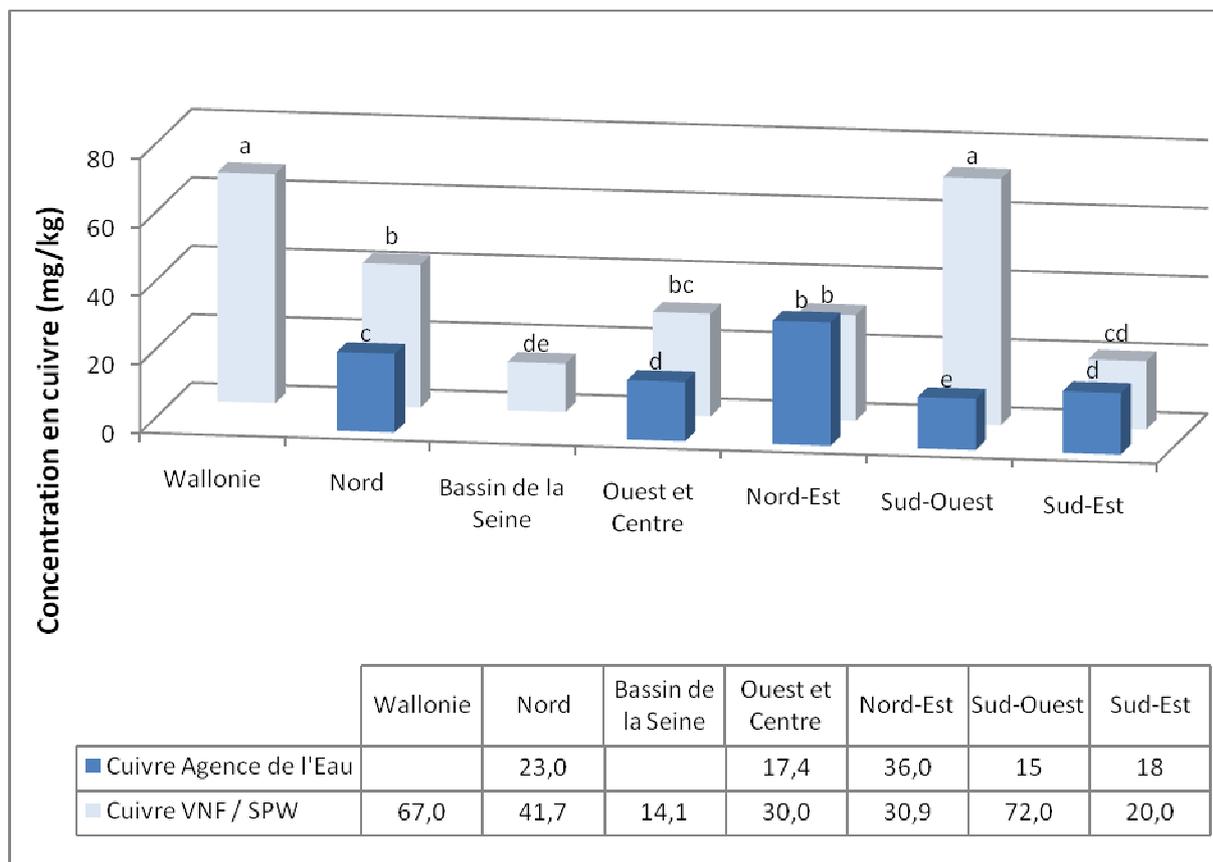
Les concentrations médianes en cadmium de VNF dans le Nord-Pas-de-Calais et du Service Public de Wallonie, calculées à partir de nombreuses données (Tableau 1), sont nettement supérieures aux données des agences de l'eau Artois Picardie et des autres régions. Elles sont supérieures aux valeurs S1.



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 18 : Concentrations médianes en chrome (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

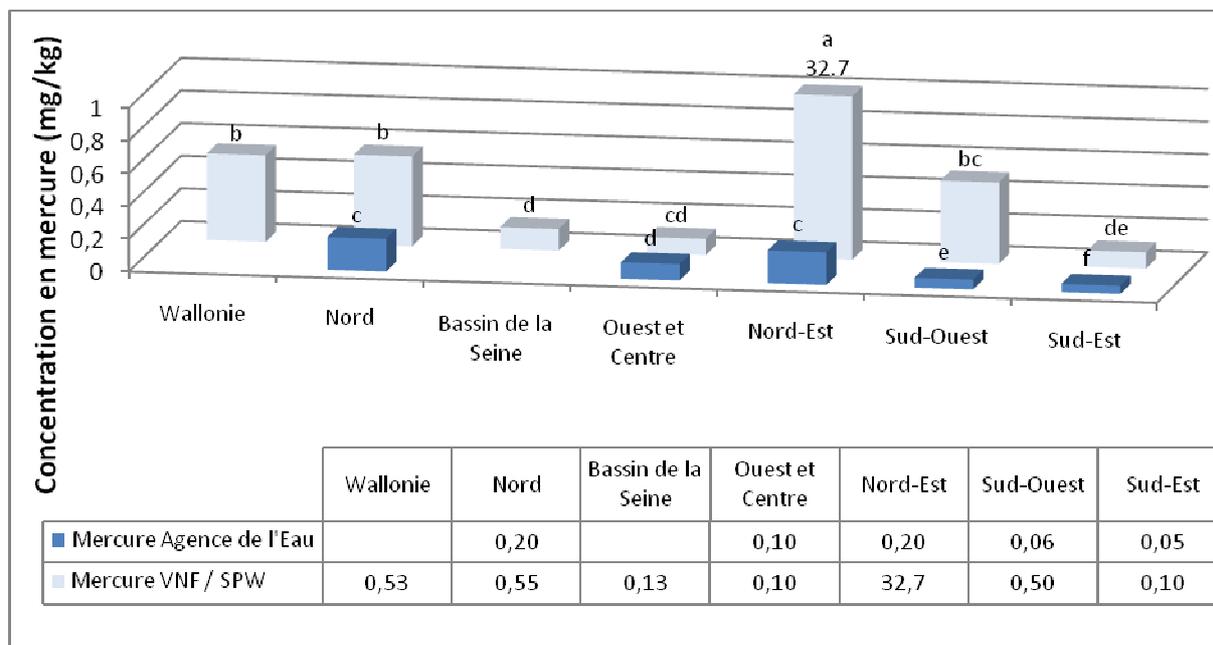
Les concentrations en chrome sont élevées pour la Direction Nord-Pas-de-Calais de VNF, en Wallonie et dans le Nord-Est, tout en étant inférieures à S1. Elles sont supérieures (Sud-Ouest), égales (Ouest et Centre, Nord-Est) ou légèrement inférieures (Sud-Est) aux concentrations des agences de l'eau.



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 19 : Concentrations médianes en cuivre (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

Les concentrations médianes en cuivre sont élevées (1.5 fois la valeur seuil) en Wallonie et pour la Direction Sud-Ouest de VNF (influence de la viticulture ?). Ici aussi, les concentrations pour les Directions VNF sont supérieures ou égales aux concentrations des agences de l'eau.



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 20 : Concentrations médianes en mercure (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

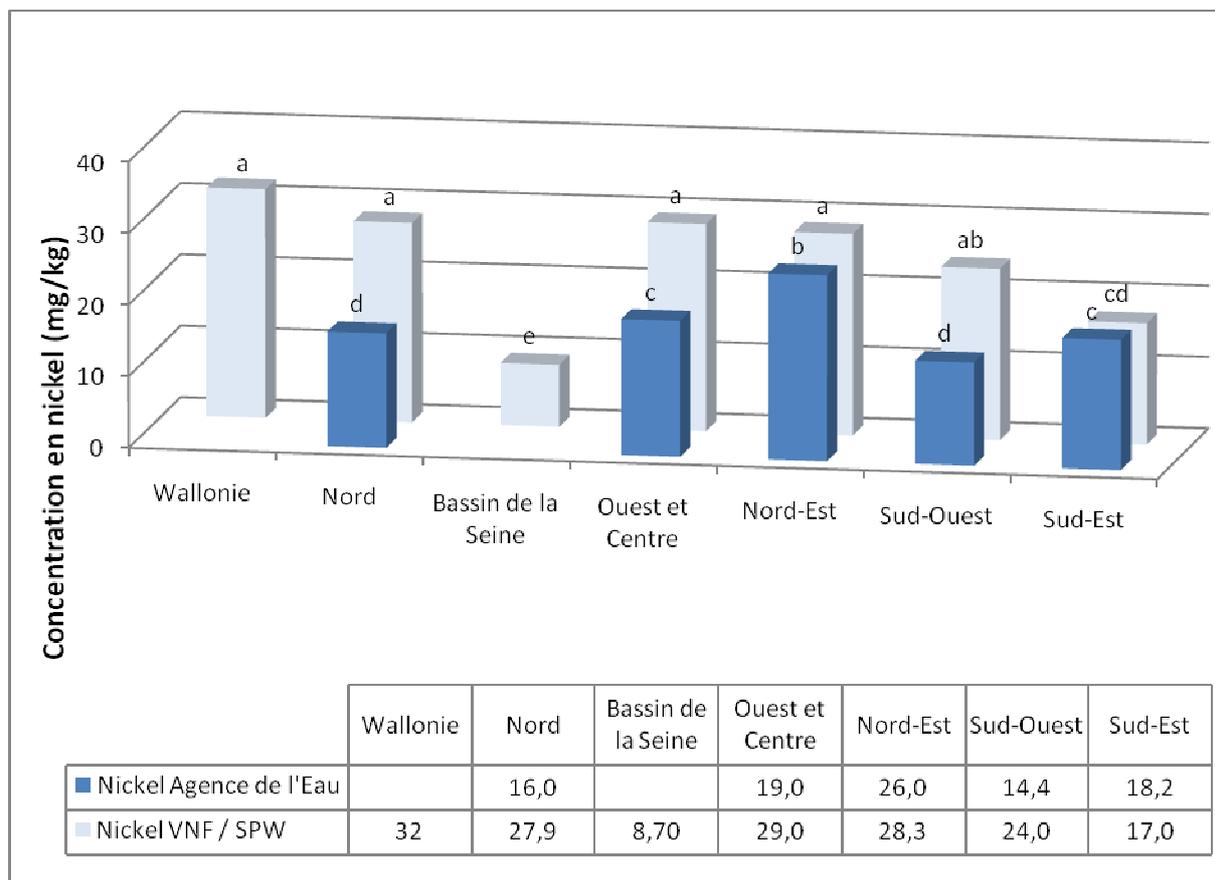
Pour le mercure, nous observons une concentration médiane très largement supérieure à S1 (32 fois la valeur seuil !) pour la Direction de Strasbourg. Toutes les concentrations de cette Direction sont supérieures à la valeur seuil (Tableau 13), ce qui semble aberrant. Nous supposons qu'une erreur s'est produite pendant une des étapes de l'analyse ou de la saisie des résultats.

La Wallonie, les Directions Nord-Pas-de-Calais et du Sud-Ouest ont des concentrations médianes 2 fois inférieures à la valeur seuil. Les concentrations des agences de l'eau sont toutes nettement inférieures.

Tableau 13 : Statistiques descriptives du mercure, pour les 88 échantillons de la direction Strasbourg (VNF).

Statistique sur sédiment sec	Mercure mg/kg
Nombre de données	88
Moyenne	32.7
Ecart-type (n)	8.83
Minimum	14.9
10%	22.2
1er Quartile	26.0
Médiane	32.5
3ème Quartile	37.0
90%	43.0
Maximum	65.3
Seuil S1	1

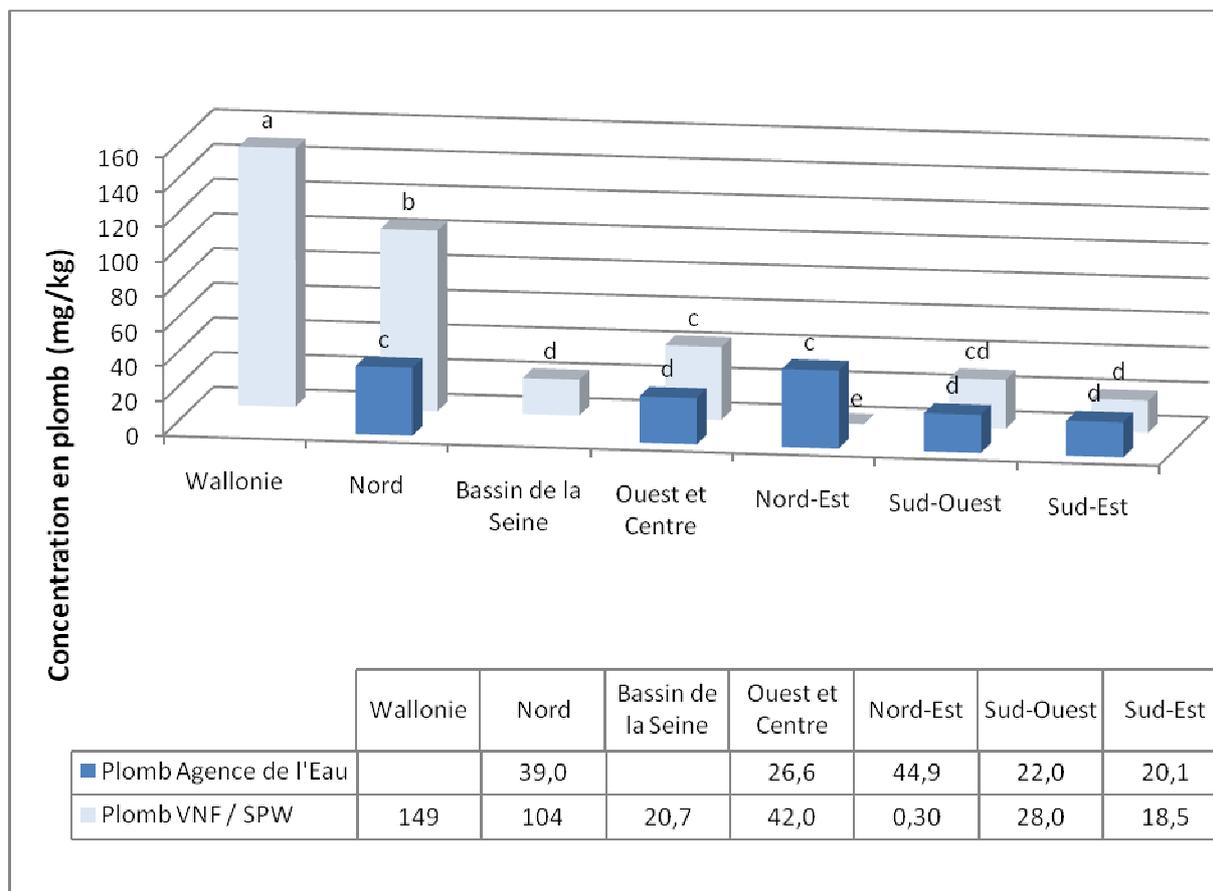
En gras, les concentrations \geq aux valeurs seuil S1



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 21 : Concentrations médianes en nickel (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

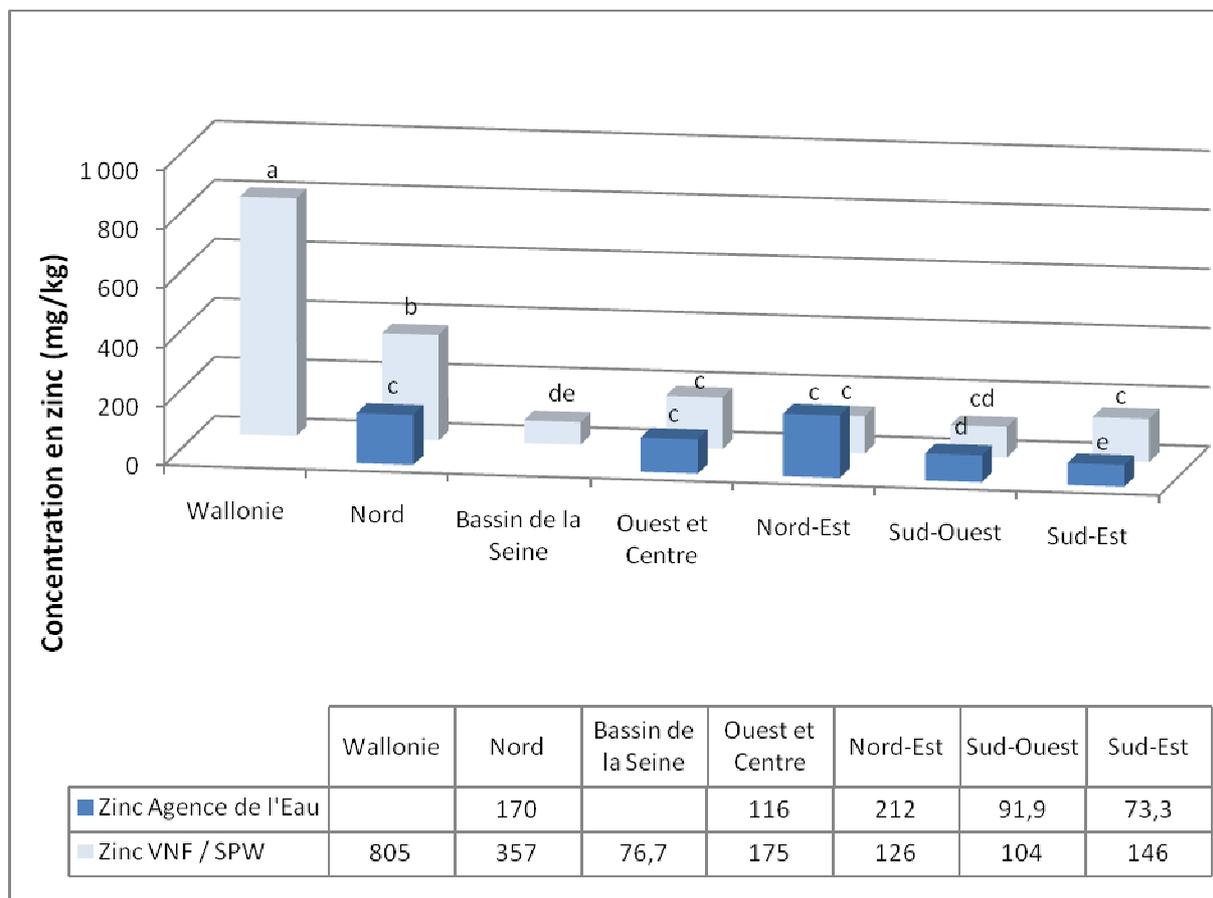
Les concentrations médianes en nickel présentent des écarts relativement peu importants, excepté pour la Direction Bassin de la Seine, où la concentration médiane est beaucoup plus basse. Les concentrations pour les agences de l'eau sont inférieures ou égales aux concentrations des Directions VNF.



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 22 : Concentrations médianes en plomb (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

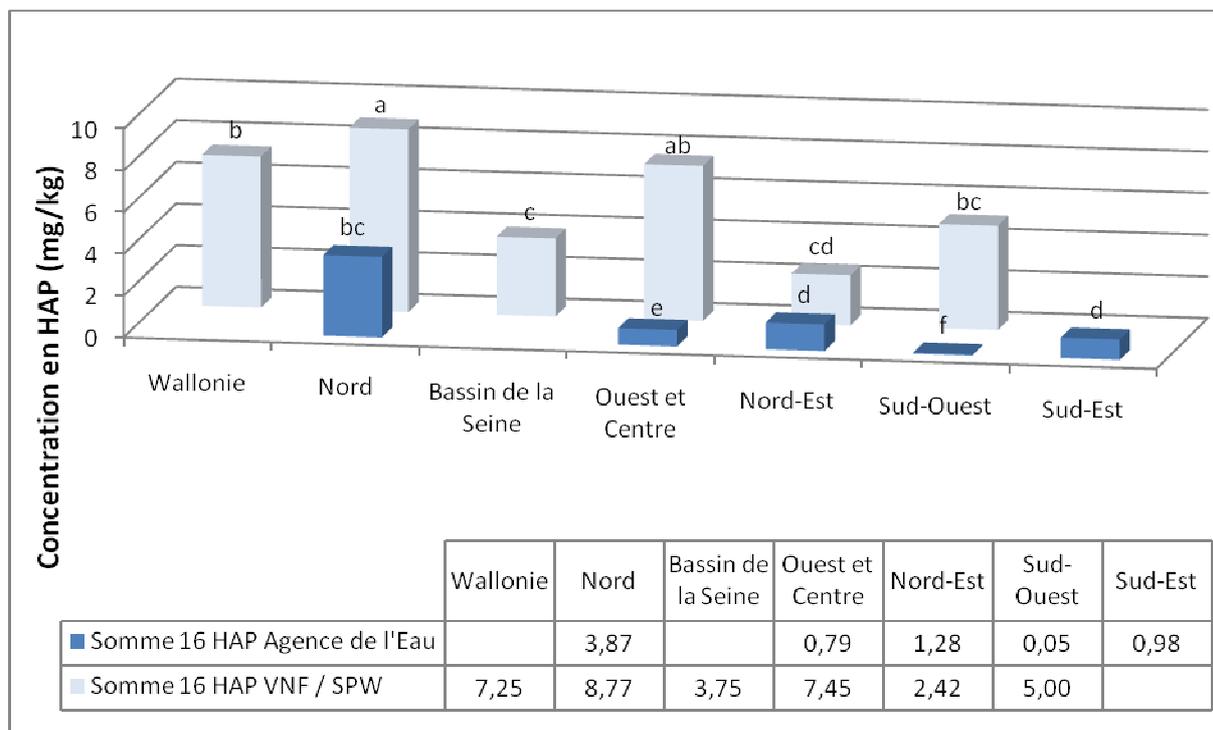
Les concentrations médianes en plomb, sont préoccupantes pour certains gestionnaires: la valeur seuil de 100 mg/kg est dépassée pour la Wallonie (149 mg/kg) et la direction VNF Nord-Pas-de-Calais (104 mg/kg). Les concentrations pour les autres gestionnaires, sont beaucoup plus faible (5 fois inférieures à la valeur seuil) et présentent peu de différences significatives entre eux. A noter la très faible concentration médiane en plomb pour la direction de Strasbourg (< 1 mg/kg). Hormis cette zone, les agences de l'eau ont des concentrations médianes inférieures ou égales aux Directions VNF.



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 23 : Concentrations médianes en zinc (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

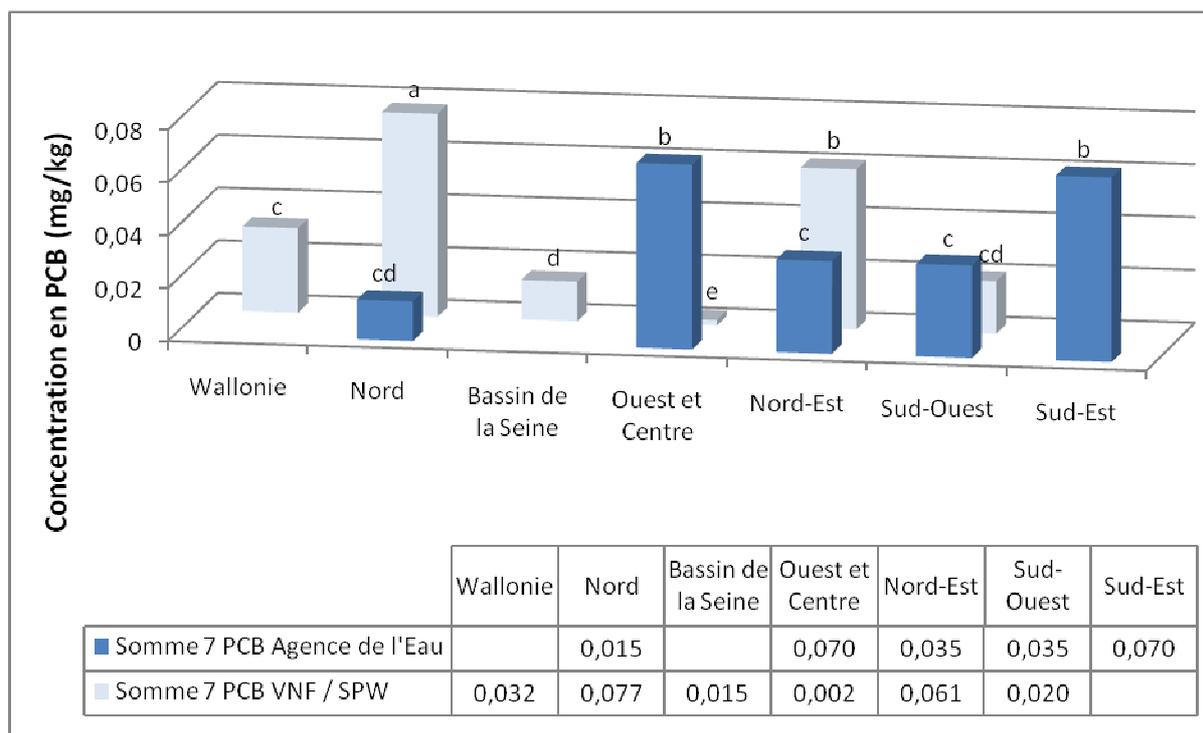
Le Service Public de Wallonie et la direction Nord-Pas-de-Calais sont les deux gestionnaires pour lesquelles la concentration médiane en zinc dépasse la valeur seuil (respectivement 3 fois et 1.5 fois supérieure à S1). Pour les autres gestionnaires, les concentrations sont inférieures de 2 à 4 fois à cette valeur seuil. Les agences de l'eau ont des concentrations médianes inférieures ou égales aux directions VNF.



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 24 : Concentrations médianes en HAP (somme des 16 en mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

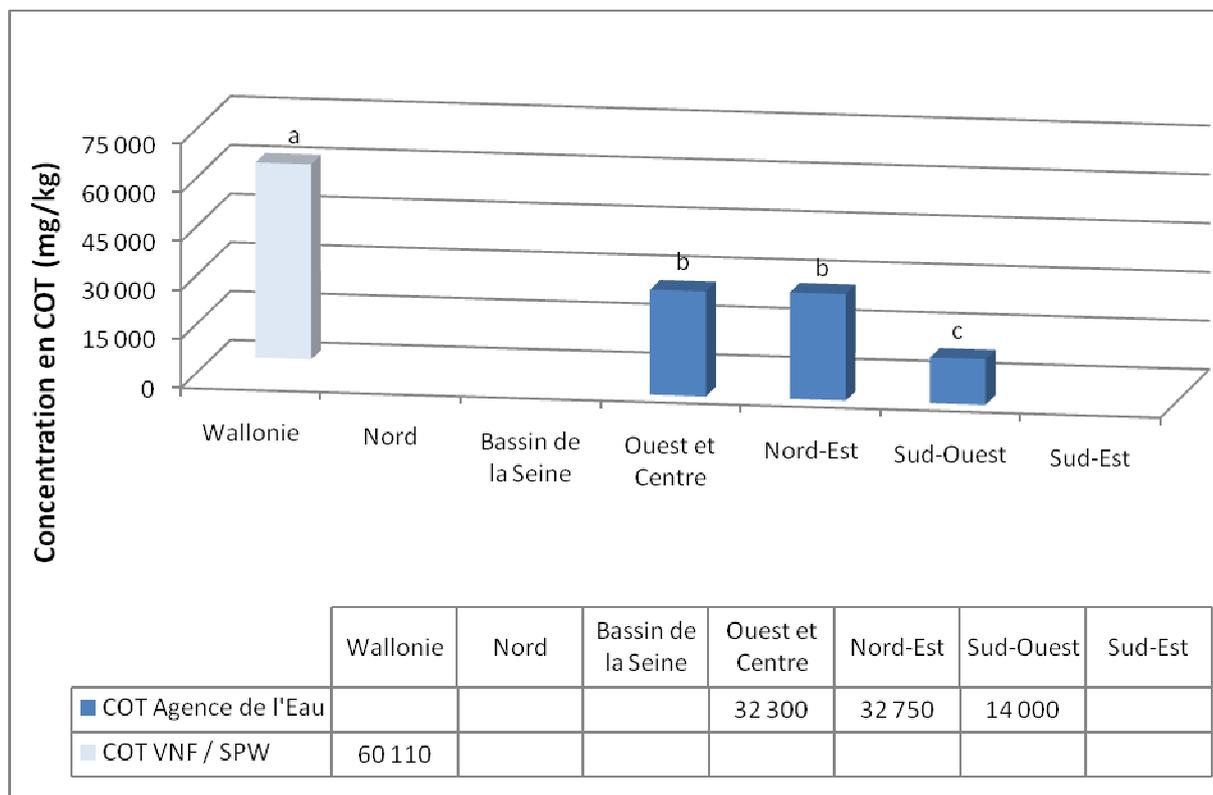
Des mesures de HAP ne sont pas disponibles pour la direction Sud-Est de VNF. Les concentrations médianes en somme des 16 HAP sont les plus élevés pour le Service Public de Wallonie, les Directions VNF Nord-Pas-de-Calais et Centre-Est, mais 2 à 3 fois inférieurs à la valeur seuil. Les différences entre Directions VNF et agences de l'eau pour une même région géographique sont très marquées.



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 25 : Concentrations médianes en PCB (somme des 7 en mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

Les concentrations médianes de la somme des 7 PCB sont faibles et représentent au maximum environ 1/10 de la valeur seuil S1 de 0.68 mg/kg. Il n'y a pas de données pour les canaux du Sud-Est, car les données des agences de l'eau de ce secteur présentent des concentrations relativement importantes (influence du Rhône ?). A l'inverse de tous les autres paramètres, sauf dans le Nord, les agences de l'eau ont des concentrations médianes en PCB plus importantes que les Directions VNF.



Note : les groupes ayant la même lettre ne sont pas différents – test Kruskal-Wallis p=0.95

Figure 26 : Concentrations médianes en Carbone Organique Total (mg/kg MS) par gestionnaire et par origine géographique

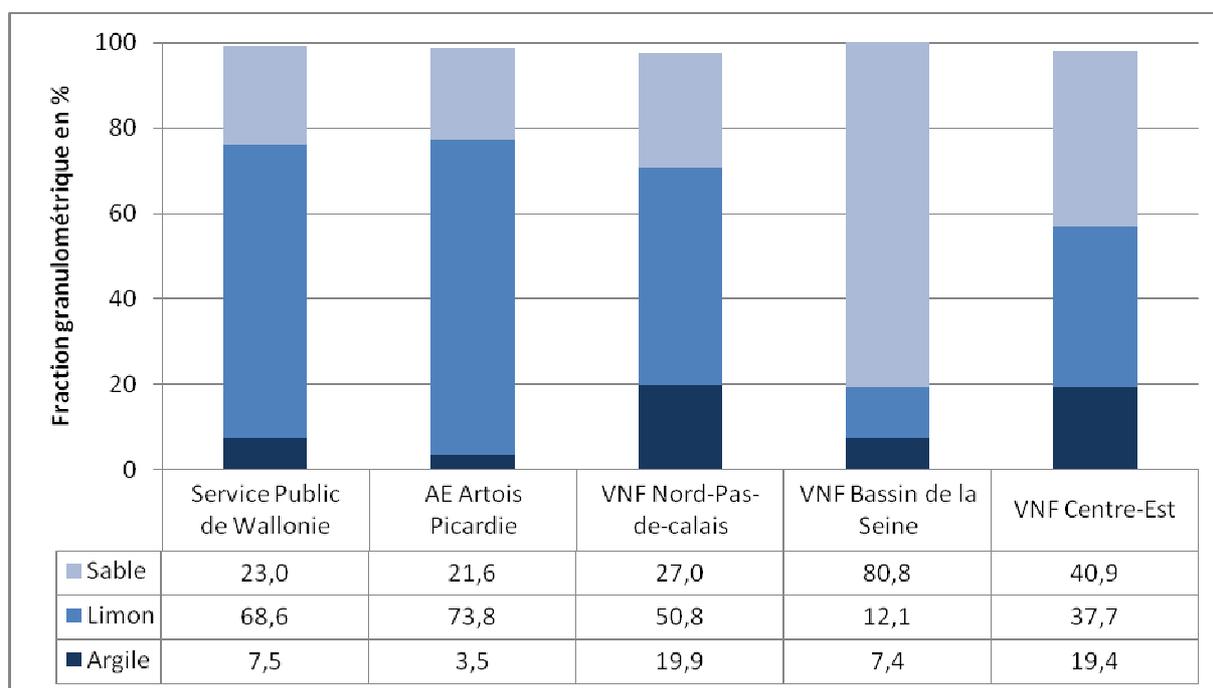


Figure 27 : Valeurs médianes pour les 3 fractions granulométriques (en %) par gestionnaire

Pour le Carbone Organique Total, nous avons des informations pour 4 des 12 gestionnaires, avec un gradient apparent de concentration du Nord vers le Sud. Il n'y a pas de données conjointes de COT et de granulométrie par échantillon, sauf pour le Service Public de Wallonie où l'on retrouve beaucoup de limons et beaucoup de matières organiques.

Pour la granulométrie, seule des données de canaux sont disponibles et la somme des valeurs médianes des 3 fractions granulométriques est toujours proche de 100%. Le limon domine en région wallonne et Nord-Pas-de-Calais, régions de canaux à faibles écoulements¹⁹, particulièrement chargés en matières organiques (pour la région Wallonie) et polluants métalliques. De même nous pouvons voir que la fraction sableuse est très importante pour la direction Bassin de la Seine, et cohérente avec les faibles concentrations en polluants retrouvés dans les sédiments. Ces derniers présentent moins d'argile, véritables fixateurs de contaminants²⁰.

Il aurait été intéressant de disposer de davantage de résultats de lixiviation de divers gestionnaires avec notamment des zones à plus fortes teneurs en métaux sur brut (NPdC, Wallonie, ...).

En résumé,

- **Les concentrations médianes en contaminants sont toujours plus faibles pour les agences de l'eau que pour les Directions VNF (sauf pour la somme des 7 PCB) ;**
- Les différences régionales de concentration sont marquées ;
- Les concentrations médianes en métaux sont les plus importantes pour les régions **Wallonie et Nord-Pas-de-Calais**. Les valeurs seuils y sont dépassées par la médiane pour le **cadmium**, le **plomb** et le **zinc** ;
- Les concentrations transmises en mercure pour la direction VNF de Strasbourg suscitent des interrogations quant à leur validité (toutes valeurs très fortes) ;
- Les concentrations médianes en contaminants organiques ne dépassent pas les valeurs seuils S1 (10 % de S1 pour les PCB).

Par ailleurs, les concentrations en COT ne sont pas corrélables à la granulométrie par manque de données conjointes (sauf en Wallonie). La Wallonie, l'Artois-Picardie et le Nord ont des sédiments très limoneux. Il serait intéressant d'avoir des informations supplémentaires sur les lieux d'échantillonnages de VNF (seul le nom de la Direction est disponible), pour discriminer plus finement les régions et d'éventuels effets géographiques en leur sein.

¹⁹ La composition granulométrique dépend de la nature des alluvions, et de l'hydrologie du cours d'eau.

²⁰ Les argiles piègent les métaux par adsorption ou absorption au niveau de leurs feuillets.

3.2.5 Corrélations entre paramètres

Les corrélations entre paramètres sont recherchées pour identifier les éventuelles co-contaminations systématiques, et l'influence la texture et à la teneur en carbone (capacité de rétention par attraction électrostatique et complexation) sur la teneur en contaminants²¹.

3.2.5.1 Matrice de corrélation

Le Tableau 14 présente la matrice de corrélation entre paramètres pour toutes origines confondues. Un niveau de probabilité²² ($p=0.99$) a été choisi comme seuil de signification pour les corrélations des paramètres deux à deux. Les corrélations significatives sont en gras.

Tableau 14 : Matrice de Pearson et Coefficient de corrélation r entre paramètres sur l'ensemble de la base de données, avec $p=0.99$

Variables	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Σ 16 HAP	Σ 7 PCB	COT	Argiles	Limons	Sables
As	1	0.319	0.118	0.296	0.179	0.262	0.294	0.214	0.007	0.013	0.139	0.029	0.117	-0.111
Cd	0.319	1	0.046	0.298	0.253	0.384	0.714	0.498	0.030	0.001	0.034	0.013	0.076	-0.069
Cr	0.118	0.046	1	0.221	0.130	0.194	0.065	0.083	0.148	0.008	0.261	0.023	0.327	-0.289
Cu	0.296	0.298	0.221	1	0.138	0.329	0.416	0.398	0.069	0.018	0.260	-0.030	0.236	-0.192
Hg	0.179	0.253	0.130	0.138	1	0.166	0.242	0.159	0.030	0.005	0.148	0.157	0.090	-0.133
Ni	0.262	0.384	0.194	0.329	0.166	1	0.580	0.648	0.040	0.002	0.150	-0.017	0.195	-0.161
Pb	0.294	0.714	0.065	0.416	0.242	0.580	1	0.825	0.028	0.008	0.089	-0.021	0.119	-0.094
Zn	0.214	0.498	0.083	0.398	0.159	0.648	0.825	1	0.030	0.004	0.100	-0.037	0.132	-0.100
Σ 16 HAP	0.007	0.030	0.148	0.069	0.030	0.040	0.028	0.030	1	0.005	0.070	0.030	0.066	-0.067
Σ 7 PCB	0.013	0.001	0.008	0.018	0.005	0.002	0.008	0.004	0.005	1	0.196	0.063	-0.002	-0.021
COT	0.139	0.034	0.261	0.260	0.148	0.150	0.089	0.100	0.070	0.196	1	-0.084	0.088	-0.068
Argiles	0.029	0.013	0.023	-0.030	0.157	-0.017	-0.021	-0.037	0.030	0.063	-0.084	1	0.157	-0.503
Limons	0.117	0.076	0.327	0.236	0.090	0.195	0.119	0.132	0.066	-0.002	0.088	0.157	1	-0.932
Sables	-0.111	-0.069	-0.289	-0.192	-0.133	-0.161	-0.094	-0.100	-0.067	-0.021	-0.068	-0.503	-0.932	1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0.01$

Les métaux lourds apparaissent :

- positivement corrélés entre eux
- positivement corrélé à la teneur en COT (sauf le cadmium),
- positivement corrélé à la teneur en limon (sauf le cadmium), mais pas en argile,
- négativement corrélés à la teneur en sable (sauf le cadmium).

²¹ Voir sur le comportement à la lixiviation – voir § 3.2.2

²² Le niveau de signification, soit la probabilité de 1% d'obtenir ce résultat par hasard.

Les HAP et les PCB apparaissent :

- positivement corrélés à la teneur en COT,
- corrélés avec le chrome, le cuivre et le nickel pour les HAP.

Ces interprétations seront revues à la lumière des ACP.

Les corrélations ne sont malheureusement pas opérationnelles. A titre d'exemple, la Figure 28 présente la corrélation entre le zinc et le plomb (coefficient de corrélation R le plus élevé des corrélations entre métaux). La corrélation est constituée par quelques valeurs extrêmes en présence d'un nuage de point sans corrélation particulière...

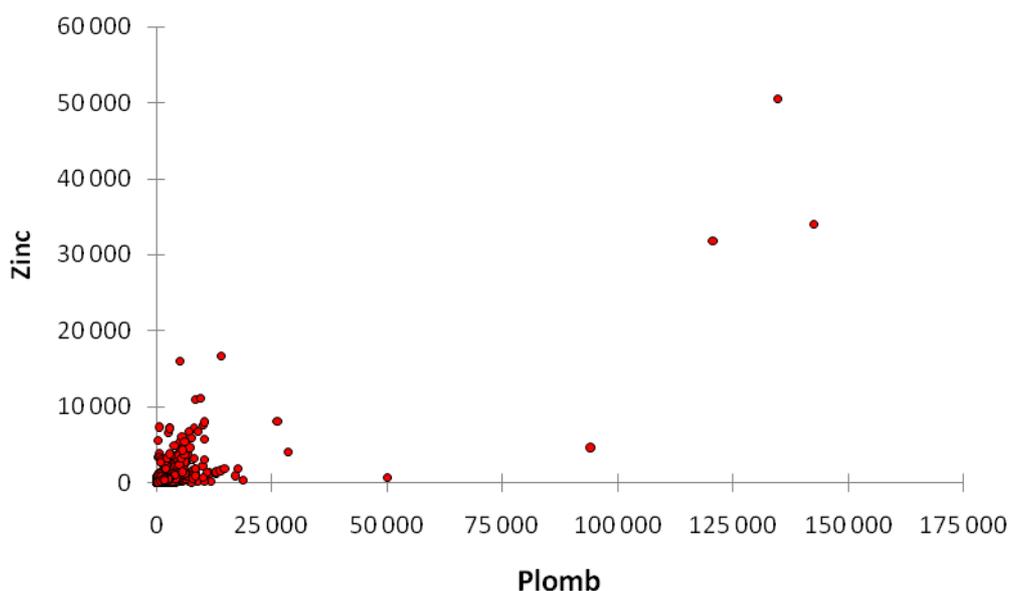


Figure 28 : Concentration en Zinc (mg/kg) en fonction de la concentration en plomb (mg/kg) pour l'ensemble des mesures de la base de données.

Les corrélations avec le COT, pour les métaux (Figure 29) et les contaminants organiques (Figure 30 et Figure 31) ne sont pas plus utilisables que les corrélations entre métaux. De même pour les corrélations entre les métaux et les HAP (Figure 32) ainsi que les métaux et la granulométrie (Figure 33).

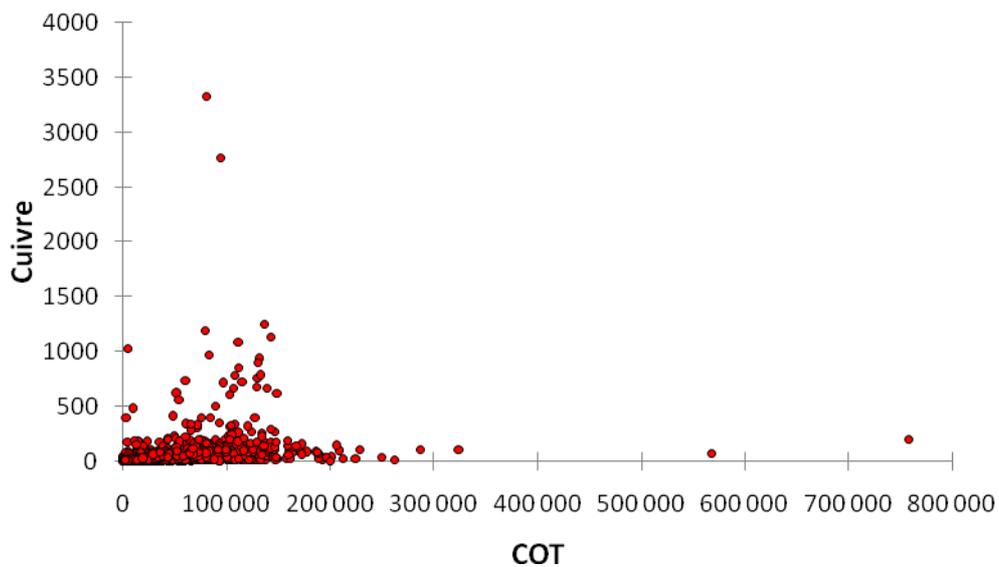


Figure 29 : Concentration en cuivre (mg/kg) en fonction de la concentration en COT (mg/kg) pour l'ensemble des mesures de la base de données.

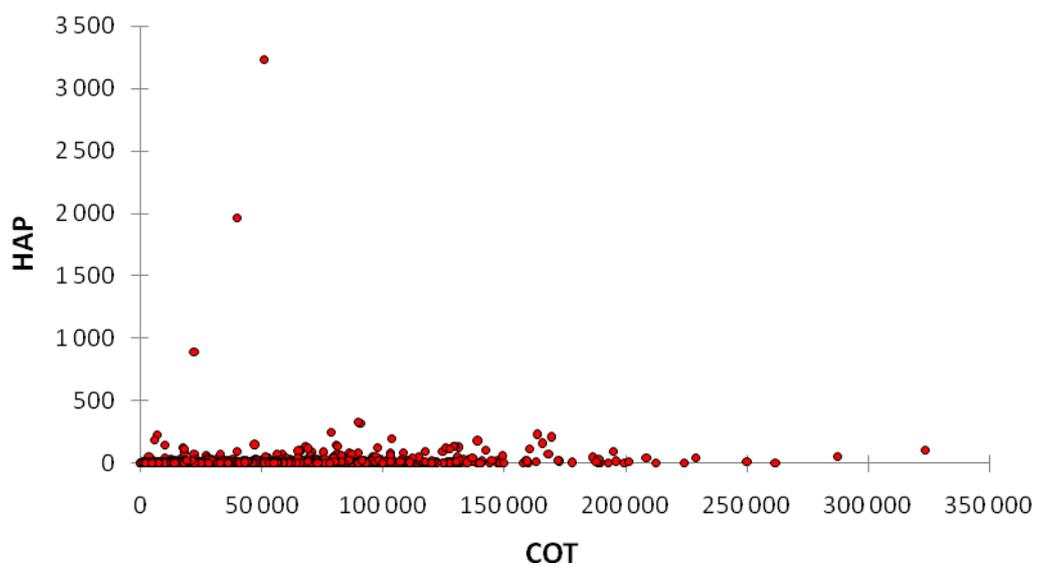


Figure 30 : Concentration en HAP (mg/kg) en fonction de la concentration en COT (mg/kg) pour l'ensemble des mesures de la base de données.

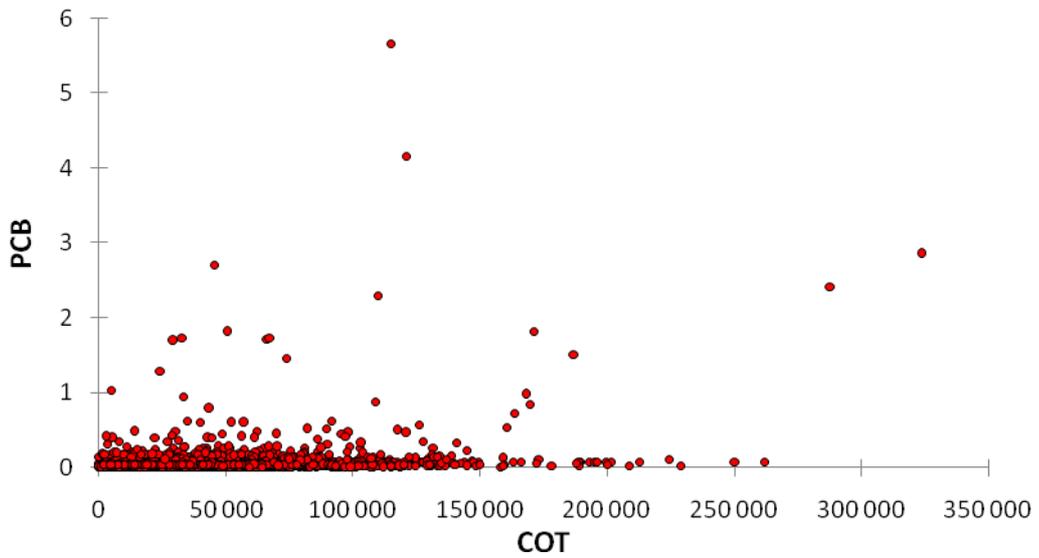


Figure 31 : Concentration en PCB (mg/kg) en fonction de la concentration en COT (mg/kg) pour l'ensemble des mesures de la base de données.

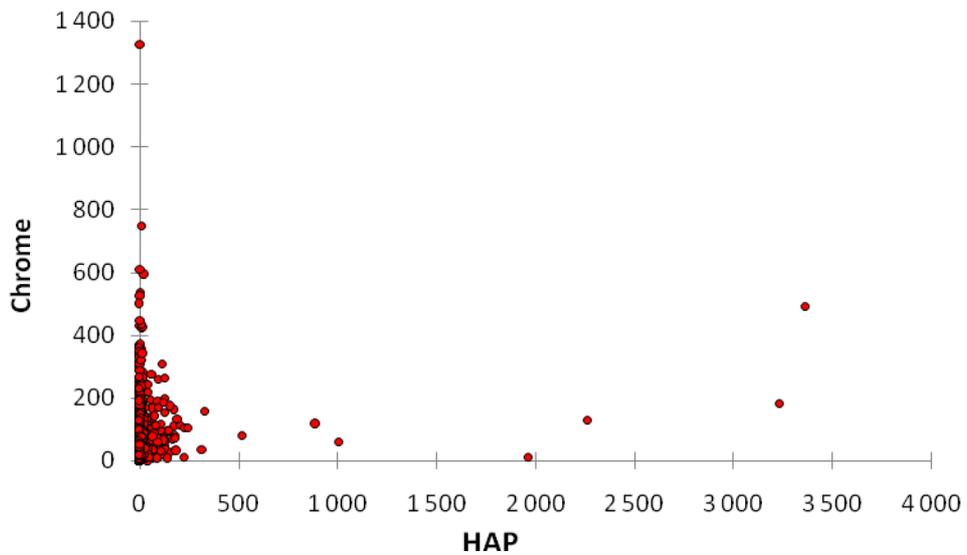


Figure 32 : Concentration en chrome (mg/kg) en fonction de la concentration en HAP (mg/kg) pour l'ensemble des mesures de la base de données.

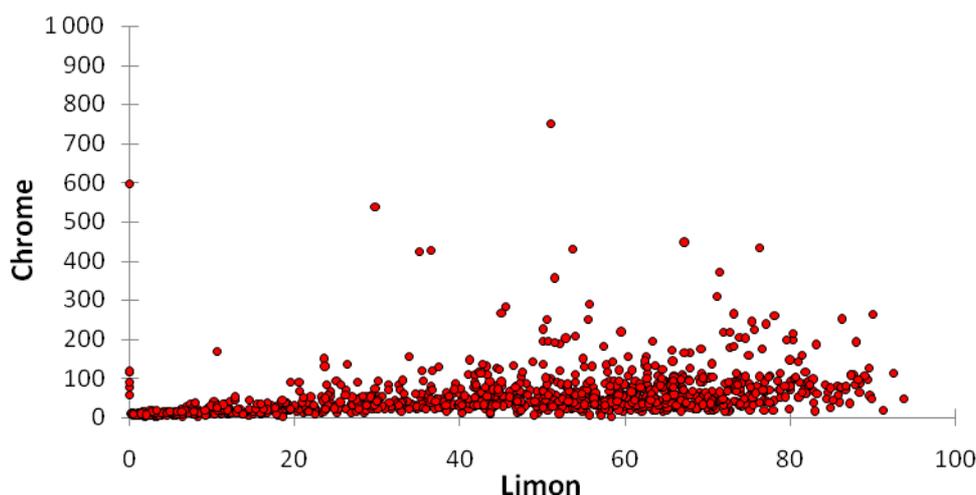


Figure 33 : Concentration en chrome (mg/kg) en fonction de la concentration en Limon (%) pour l'ensemble des mesures de la base de données.

Aucune de ces corrélations n'est donc vraiment utilisable pour comprendre la distribution des contaminants au sein des sédiments. Des corrélations non linéaires ne sont malheureusement pas plus opérationnelles (résultats non montrés).

3.2.5.2 Analyse en Composantes Principales

L'analyse en composantes principales permet de visualiser en une fois l'ensemble des corrélations entre paramètres. Les paramètres choisis sont les 8 métaux lourds, les HAP et les PCB, ainsi que deux fractions granulométriques sur trois (la troisième fraction étant non indépendante des deux premières) et le carbone organique total. Les données utilisées doivent être complètes pour tous les paramètres retenus. Une donnée manquante entraîne la non prise en compte de tout l'échantillon. Le COT n'a été mesuré que sur 2 000 échantillons et la granulométrie sur 1 000 échantillons.

C'est pourquoi, dans ce rapport, nous présentons 2 ACP :

- Métaux + HAP + PCB + COT
- Métaux + HAP + PCB + COT + deux fractions granulométriques (argiles et limons)

ACP sans la granulométrie

L'Analyse en Composantes Principales a été effectuée sur l'ensemble des échantillons sans données manquantes en métaux, HAP, PCB et en Carbone Organique Total, c'est-à-dire 1681 échantillons (sur les 12852 que comporte la base de données). Les variances cumulées par les composantes F1, F2, F3 (Tableau 15) s'élèvent à seulement 63% de la variance totale.

Tableau 15 : Variances cumulés des composantes F1, F2 et F3 de l'ACP sans granulométrie pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB et le COT.

Composante	F1	F2	F3
Variance (%)	40	13	9
Variance cumulée (%)	40	53	63

Certains métaux (cadmium, nickel, plomb et zinc, particulièrement groupés) constituent la composante 1 (Figure 34) alors que le COT et les contaminants organiques HAP et PCB constituent avec le chrome la composante F2. Les métaux ne sont donc pas reliés au COT. Le chrome et l'arsenic apparaissent en composante 3, en opposition aux contaminants organiques (Figure 35).

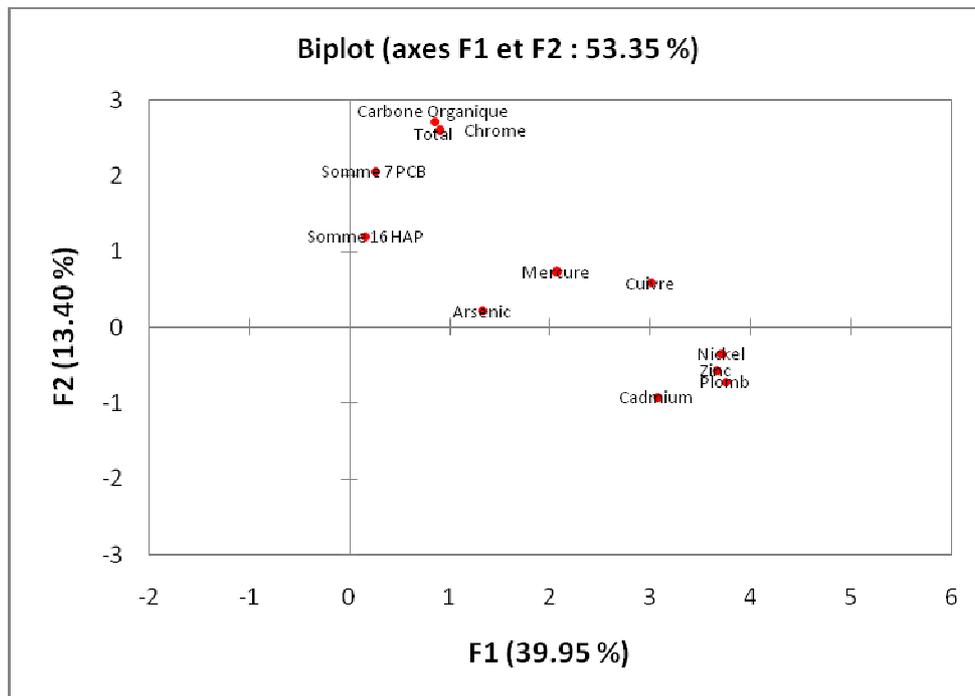


Figure 34 : ACP selon les composantes 1 et 2 pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB, et le COT (sans prise en compte de la granulométrie).

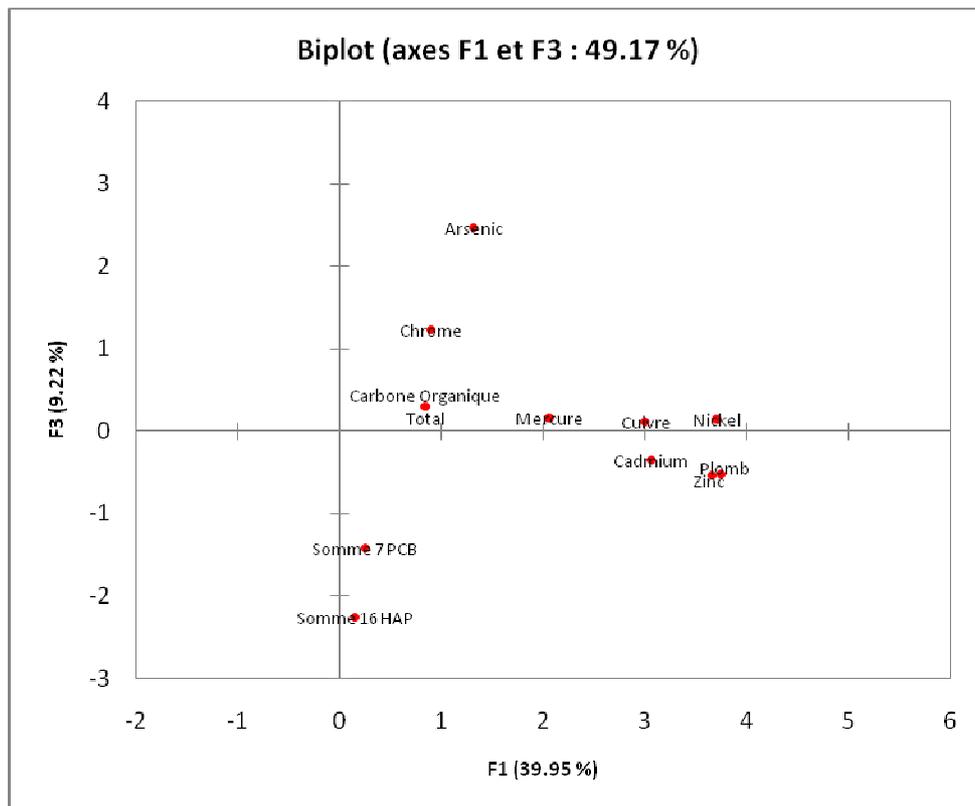


Figure 35 : ACP selon les composantes 1 et 3 pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB, et le COT (sans prise en compte de la granulométrie).

ACP avec la granulométrie

L'Analyse par Composantes Principales avec les fractions granulométriques argile et limon synthétise 271 d'échantillons. Les variances cumulées (Tableau 16) pour cette ACP sont très proches de celles de la première ACP.

Tableau 16 : Variances cumulés des composantes F1, F2 et F3 de l'ACP avec 2 fractions granulométriques pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB, le COT et la granulométrie.

Composante	F1	F2	F3
Variance (%)	38	14	14
Variance cumulée (%)	38	52	66

La composante F1 représente toujours les métaux, mais le cuivre et le mercure se rapprochent du cadmium, du nickel, du plomb et du zinc. Les composantes 2 et 3 changent avec la granulométrie. (Figure 36, Figure 37). La granulométrie constitue la composante F2. Le COT, les contaminants organiques et le chrome constituent la composante F3. L'arsenic n'apparaît pas lié aux métaux, en considérant les composantes F1, F2 et F3.

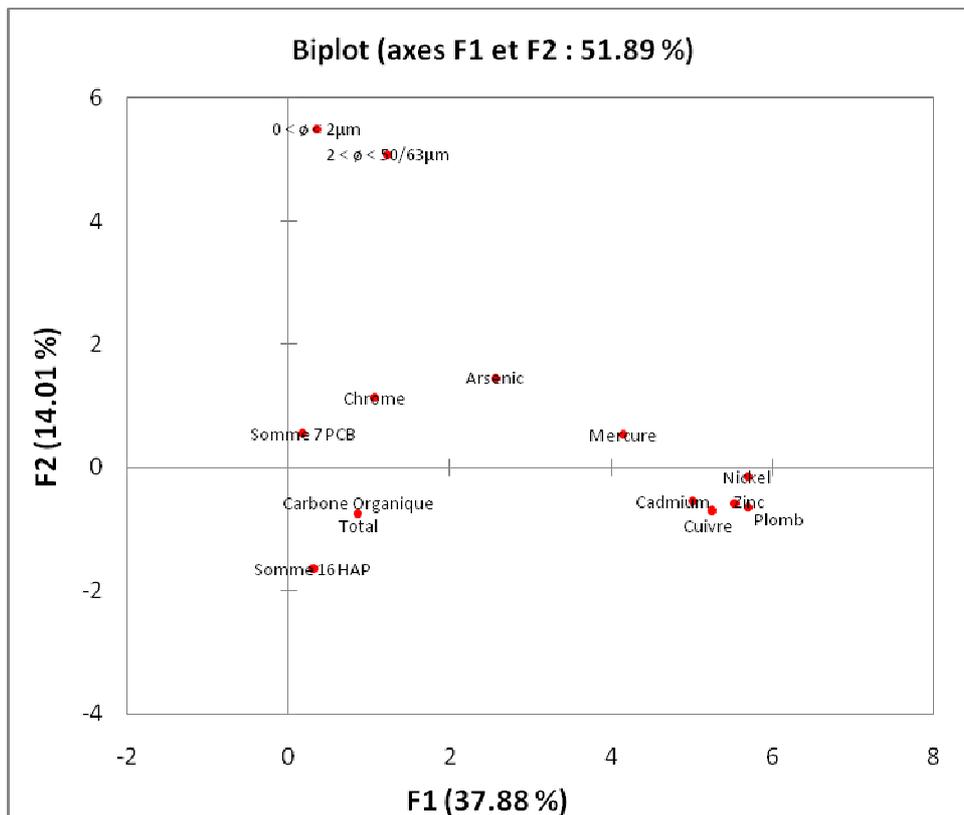


Figure 36 : ACP selon les composantes 1 et 2 pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB, le COT et la granulométrie.

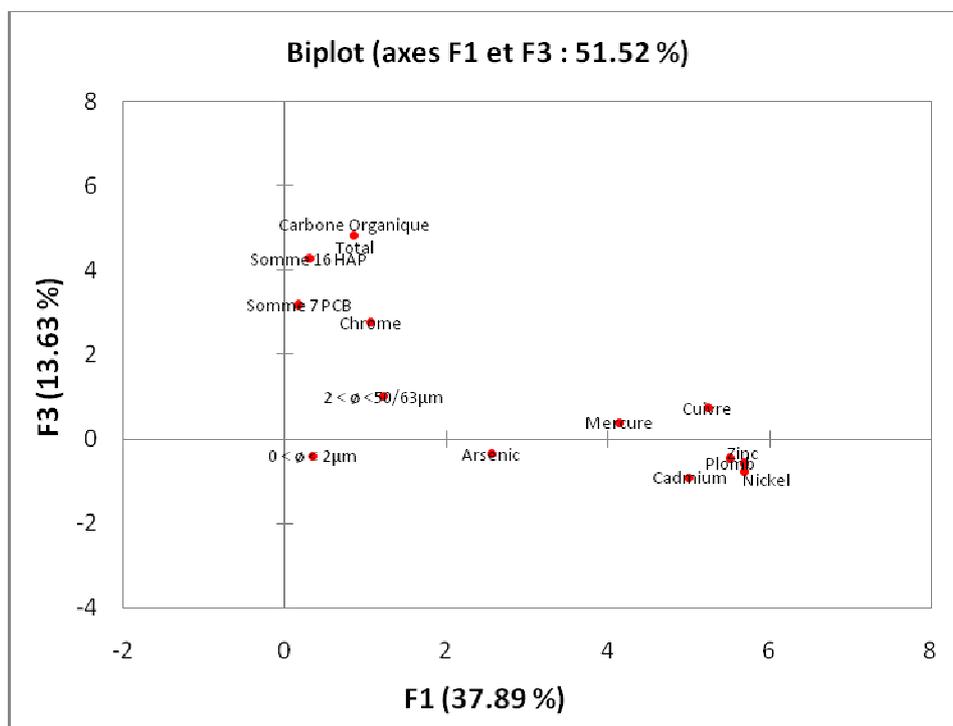


Figure 37 : ACP selon les composantes 1 et 3 pour l'ensemble des échantillons avec mesures complètes sur les métaux lourds, les HAP, les PCB, le COT et la granulométrie

3.2.5.3 Conclusion sur les corrélations entre paramètres

Les corrélations entre paramètres sont déterminées par quelques valeurs extrêmes, et semblent peu opérationnelles dans l'ensemble.

Un groupe **cadmium – nickel – plomb - zinc** apparaît, sans lien avec la granulométrie ni le COT. **Les contaminants organiques sont modérément reliés au COT** mais pas à la granulométrie.

Interprétation :

Les contaminations, étant essentiellement d'origine humaine et donc aléatoires et ponctuelles (sauf peut-être pour les HAP davantage disséminés), ne sont pas reliées à la capacité de rétention du sédiment (argile, matière organique). Ce n'est pas parce qu'un sédiment est argileux ou riche en carbone qu'il est contaminé. Ceci n'est pas incompatible avec une répartition de la pollution, principalement sur les fractions fines et organiques de chaque sédiment. Ce qui est généralement observé mais qui n'a pas été documenté dans les analyses transmises. La variabilité géographique l'emporte sur la corrélation liée au comportement. Cela semble une évidence mais cette clarification semble bienvenue...

3.3 Distribution des paramètres et des échantillons selon les seuils réglementaires S1

Le niveau du dépassement de seuils de qualité S1 des résultats pour des sédiments se mesure à partir de 10 paramètres. Le nombre d'échantillons comportant ces 10 paramètres est présenté au Tableau 17. Un échantillon est dit supérieur au seuil si un des paramètres dépasse le seuil S1, d'où la nécessité d'avoir les 10 paramètres analysés.

Tableau 17 : Nombre d'échantillons et nombre d'échantillons avec les 10 paramètres nécessaires pour le classement (métaux lourds, la somme des 16 HAP et la somme des 7 PCB), selon l'origine des données.

Étiquettes de lignes	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons complets
Wallonie	460	439
Service Public de Wallonie	460	439
Nord	4 423	607
AE Artois Picardie	2 648	-
VNF Nord-Pas-de-Calais	1 775	607
Bassin de la Seine	564	534
VNF Bassin de la Seine	564	534
Ouest et Centre	1 955	1 060
AE Loire Bretagne	1 878	983
VNF Centre-Est	77	77
Nord-Est	1 327	387
AE Rhin Meuse	1 239	300
VNF Strasbourg	88	87
Sud-Ouest	1 803	85
AE Adour Garonne	1 782	78
VNF Sud-Ouest	21	7
Sud-Est	2 317	1 642
AE Rhône Méditerranée Corse	2 209	1 642
VNF Rhône Saône	108	-
Total général	12 849	4 754

Le taux de dépassement des seuils a donc pu être mesuré de façon complète sur 4754 échantillons, soit environ 1/3 des données. Ceci s'explique en partie par l'absence d'analyse d'HAP et de PCB de l'Agence de l'eau Artois Picardie. De même pour l'Agence de l'eau Adour Garonne avec 78 valeurs seuil pour 1785 échantillons et pour la Direction VNF Nord Pas de Calais. A contrario, les analyses envoyées par le Service Public de Wallonie et l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse sont assez complètes. Ce taux indique que les mesures ne visaient majoritairement pas à déterminer le régime administratif d'opération de dragage, mais plutôt d'opération de connaissance du milieu ou d'épisodes de pollution. Les données peuvent donc être biaisées vers les plus fortes concentrations, par comparaison avec la situation réelle d'ensemble des canaux et rivières.

Le taux de dépassement du seuil S1 a été calculé à plusieurs niveaux successifs :

- Pour chaque paramètre au sein d'un même échantillon ;
- Par regroupement des métaux d'un côté et des HAP et PCB de l'autre, pour déterminer si on a affaire à une pollution métallique ou organique ;
- Par échantillon.

3.3.2 Distribution des paramètres en fonction du seuil S1

3.3.2.1 Classement de l'ensemble des paramètres

Les valeurs des seuils S1 par paramètres ont été présentées au Tableau 3. La Figure 38 présente le nombre de paramètre qui dépassent la valeur seuil S1, pour l'ensemble des échantillons et pour les 4 753 échantillons complets.

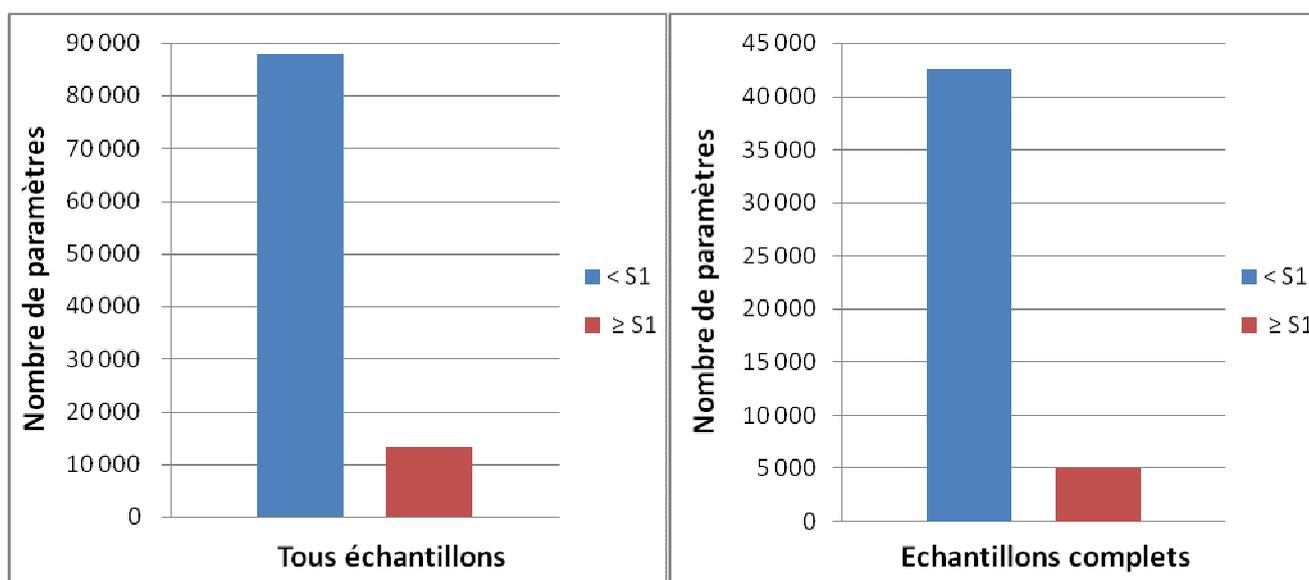


Figure 38 : Nombre total de résultats < S1 ou ≥ S1, pour l'ensemble des échantillons et pour les échantillons complets (avec les paramètres mesurés), avec les seuils S1 relatif à l'arrêté du 9 Août 2006.

Le nombre de données supérieures à S1 ne diffèrent pas vraiment, si on considère tous les échantillons (15.3% des données) et les échantillons complets uniquement (11.7%). Entre 85 et 90% des données sur les métaux, les HAP et les PCB sont donc inférieures aux seuils S1.

Comparaison du taux de dépassement par paramètre entre l'ensemble des échantillons et les échantillons « complets » :

Les nombres de valeurs < S1 ou ≥ S1 par paramètre pour l'ensemble des échantillons (Figure 39) et les échantillons complets (Figure 40) sont très semblables. Le paramètre présentant la plus grande variation est le zinc avec respectivement 26.0% et 34.3% échantillons supérieur à S1. Pour les autres paramètres, la différence est de moins de 5% du nombre de données. Les valeurs des paramètres de l'ensemble des échantillons seront donc utilisées pour l'étude, sauf dans les cas d'étude des échantillons.

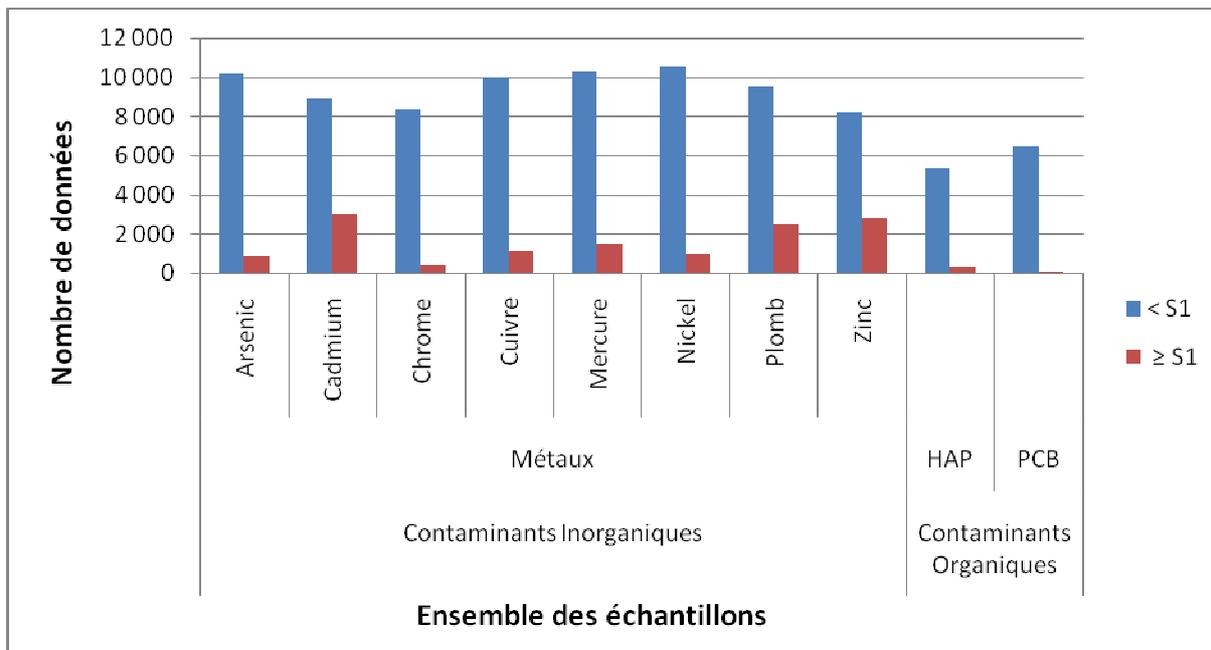


Figure 39 : Nombre de résultats < S1 ou ≥ S1 par paramètre pour l'ensemble des échantillons.

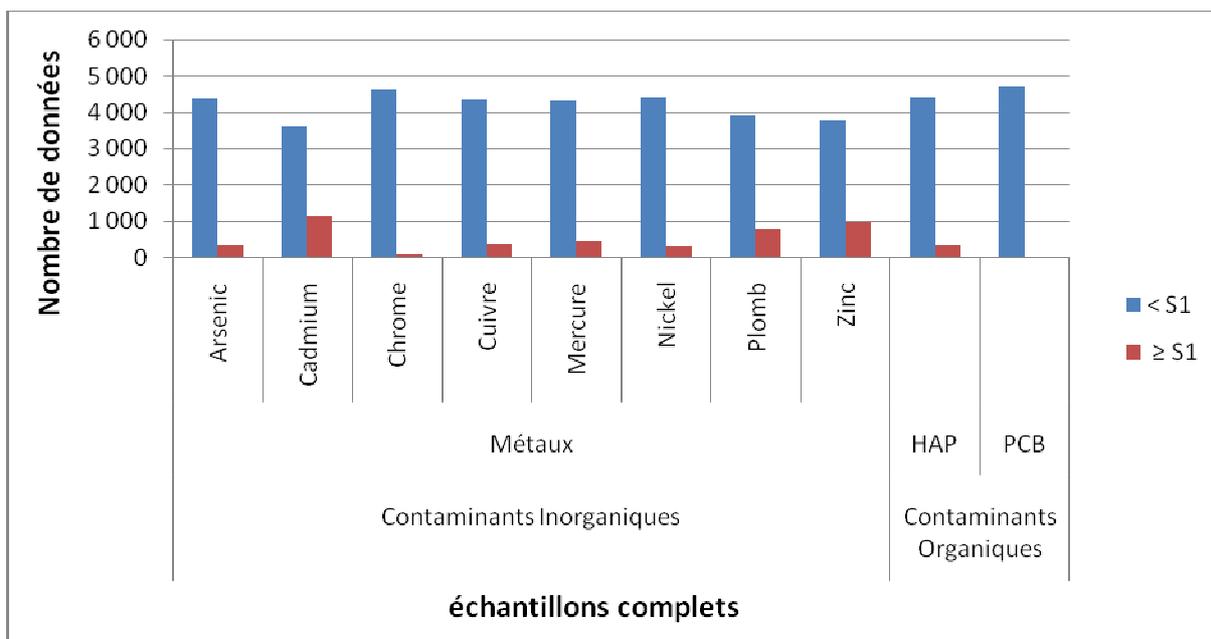


Figure 40 : Nombre de résultats < S1 ou ≥ S1 par paramètre pour les échantillons « complets ».

Analyse du taux de dépassement par paramètre :

Pour le cadmium, le plomb et le zinc, le taux de dépassement du seuil S1 (respectivement de 33.5%, 25.8% et 34.3% pour les échantillons complets) est 2 fois supérieur au rapport moyen des dépassements des paramètres (15.3%), alors que le chrome (4.6%), les HAP (6.5%) et les PCB (0.9%) sont caractérisés par un moindre taux de dépassement du seuil S1. Ces dépassements proviennent essentiellement de Wallonie et de la Direction VNF Nord-Pas-de-Calais.

3.3.2.2 Classement selon le gestionnaire

Le nombre d'échantillons, ainsi que le nombre de résultats < S1 et ≥ S1, pour les 8 métaux lourds, les HAP et les PCB sont donnés dans le Tableau 18, le Tableau 19 et le Tableau 20.

Tableau 18 : Nombre d'échantillons total (n), < S1 et ≥ S1, par paramètre, par gestionnaire, pour les régions Wallonie, Nord, et Bassin de la seine.

Paramètre	Wallonie			Nord						Bassin de la Seine		
	Service Public de Wallonie			AE Artois Picardie			VNF Nord-Pas-de-Calais			VNF Bassin de la Seine		
	n	< S1	≥ S1	n	< S1	≥ S1	n	< S1	≥ S1	n	< S1	≥ S1
Métaux												
Arsenic	448	432	16	2 178	2 127	51	1 731	1 576	155	560	560	-
Cadmium	449	150	299	2 505	1 900	605	1 762	455	1 307	560	513	47
Chrome	450	413	37	-	-	-	1 762	1 590	172	560	557	3
Cuivre	450	332	118	2 183	1 963	220	1 758	1 327	431	560	516	44
Mercure	452	350	102	2 497	2 154	343	1 765	1 174	591	560	530	30
Nickel	450	355	95	2 323	2 243	80	1 731	1 376	355	560	558	2
Plomb	450	151	299	2 503	1 876	627	1 766	872	894	560	515	45
Zinc	450	91	359	2 159	1 449	710	1 762	815	947	560	504	56
Contaminants organiques												
Somme 16 HAP	460	380	80	87	86	1	607	444	163	536	502	34
Somme 7 PCB	443	425	18	321	319	2	609	591	18	555	546	9

Tableau 19 : Nombre d'échantillons total (n), < S1 et ≥ S1, par paramètre, par gestionnaires, pour les régions Ouest et Centre, et Nord-Est

Paramètre	Ouest et Centre						Nord-Est					
	AE Loire Bretagne			VNF Centre-Est			AE Rhin Meuse			VNF Strasbourg		
	N	< S1	≥ S1	n	< S1	≥ S1	n	< S1	≥ S1	n	< S1	≥ S1
Métaux												
Arsenic	1 452	1 246	206	77	59	18	628	522	106	87	87	-
Cadmium	1 774	1 505	269	77	73	4	902	815	87	88	87	1
Chrome	1 316	1 267	49	77	76	1	629	558	71	88	88	-
Cuivre	1 476	1 415	61	77	76	1	629	528	101	88	83	5
Mercure	1 753	1 688	65	77	76	1	896	753	143	88	-	88
Nickel	1 627	1 523	104	77	63	14	902	775	127	88	62	26
Plomb	1 780	1 672	108	77	75	2	902	704	198	88	88	-
Zinc	1 470	1 305	165	77	64	13	629	408	221	88	81	7
Contaminants organiques												
Somme 16 HAP	1 307	1 299	8	77	70	7	749	713	36	88	88	-
Somme 7 PCB	1 239	1 237	2	77	77	-	919	916	3	88	86	2

Tableau 20 : Nombre d'échantillons total (n), < S1 et ≥ S1, par paramètre, par gestionnaire, pour les régions Sud-Ouest et Sud-Est.

Paramètre	Sud-Ouest						Sud-Est					
	AE Adour Garonne			VNF Sud-Ouest			AE Rhône Méditerranée Corse			VNF Rhône Saône		
	N	< S1	≥ S1	n	< S1	≥ S1	n	< S1	≥ S1	n	< S1	≥ S1
Métaux												
Arsenic	1 581	1 461	120	21	16	5	2 102	1 951	151	108	107	1
Cadmium	1 634	1 365	269	21	19	2	2 080	1 976	104	108	101	7
Chrome	1 629	1 602	27	21	21	-	2 117	2 089	28	108	108	-
Cuivre	1 632	1 603	29	21	15	6	2 107	2 017	90	108	108	-
Mercuré	1 553	1 479	74	21	20	1	2 023	1 996	27	108	106	2
Nickel	1 516	1 482	34	21	21	-	2 111	2 006	105	108	108	-
Plomb	1 634	1 455	179	21	17	4	2 094	1 991	103	108	108	-
Zinc	1 629	1 418	211	21	19	2	2 117	1 993	124	108	97	11
Contaminants organiques												
Somme 16 HAP	81	81	-	8	7	1	1 687	1 671	16	-	-	-
Somme 7 PCB	496	495	1	19	19	-	1 765	1 760	5	-	-	-

Le nombre d'échantillons par famille (métaux et contaminants organiques) est très variable. Les données sur les HAP et les PCB sont moins nombreuses que les données sur les métaux, et ne sont donc pas faites en routine pour certains gestionnaires, dont l'agence de l'eau Artois Picardie, VNF Nord-Pas-de-Calais, l'agence de l'eau Adour Garonne et VNF Rhône Saône.

Nous identifions 3 paramètres (cadmium, plomb et zinc) avec un nombre important de paramètres supérieurs au seuil S1. Nous allons les suivre avec attention.

Cadmium

Pour le Cadmium (Figure 41), les échantillons ≥ S1 sont originaires majoritairement des données du Service Public de Wallonie (66.6% des données ≥ S1), de VNF Nord Pas de Calais (74.2%) et l'Agence de l'Eau Artois Picardie (24.2%). On remarque ainsi un effet géographique pour le cas du cadmium. Le nombre de valeurs ≥ S1 est nettement moindre si on considère les autres gestionnaires. Le nombre et le taux de dépassement de S1, est plus élevé pour les Agences de l'Eau que pour les directions VNF pour une même région, sauf dans le cas de la région Nord.

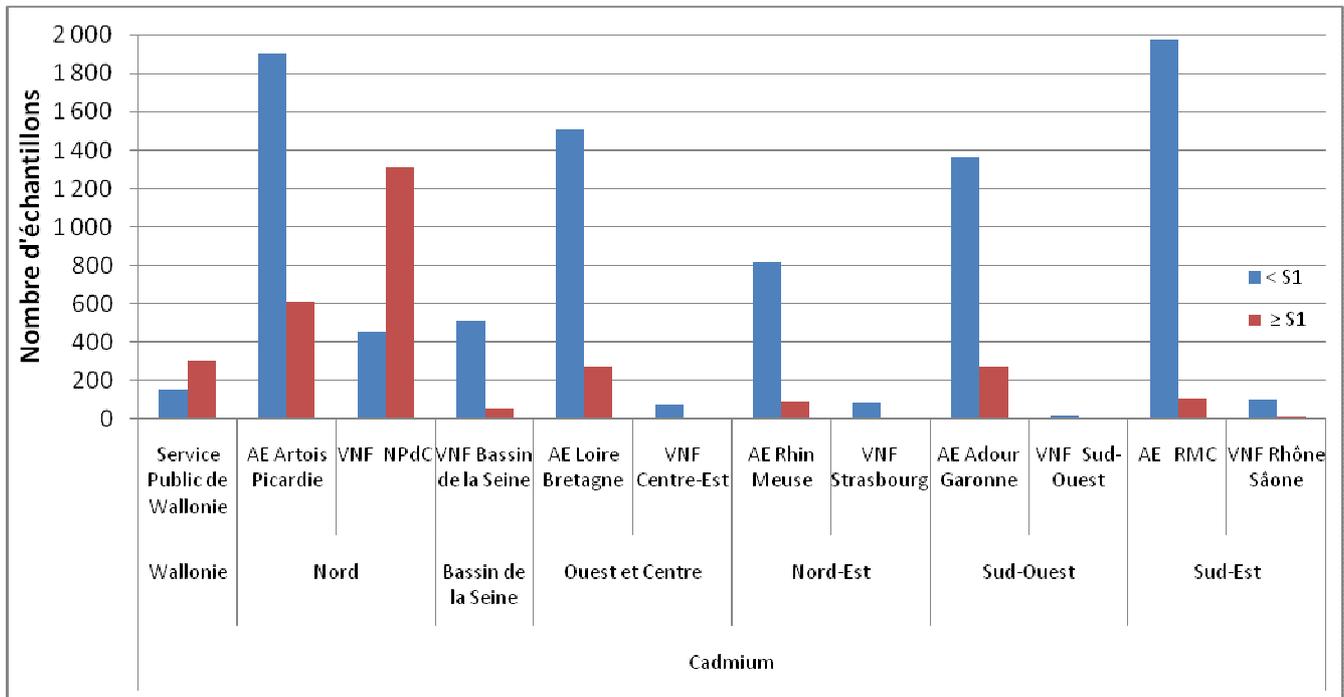


Figure 41 : Nombre d'échantillons < S1 et ≥ S1 pour le cadmium, en fonction des différentes régions et gestionnaires des données.

Plomb et zinc

Pour le plomb et le zinc, la répartition géographique suivant les gestionnaires (Figure 42) est la suivante :

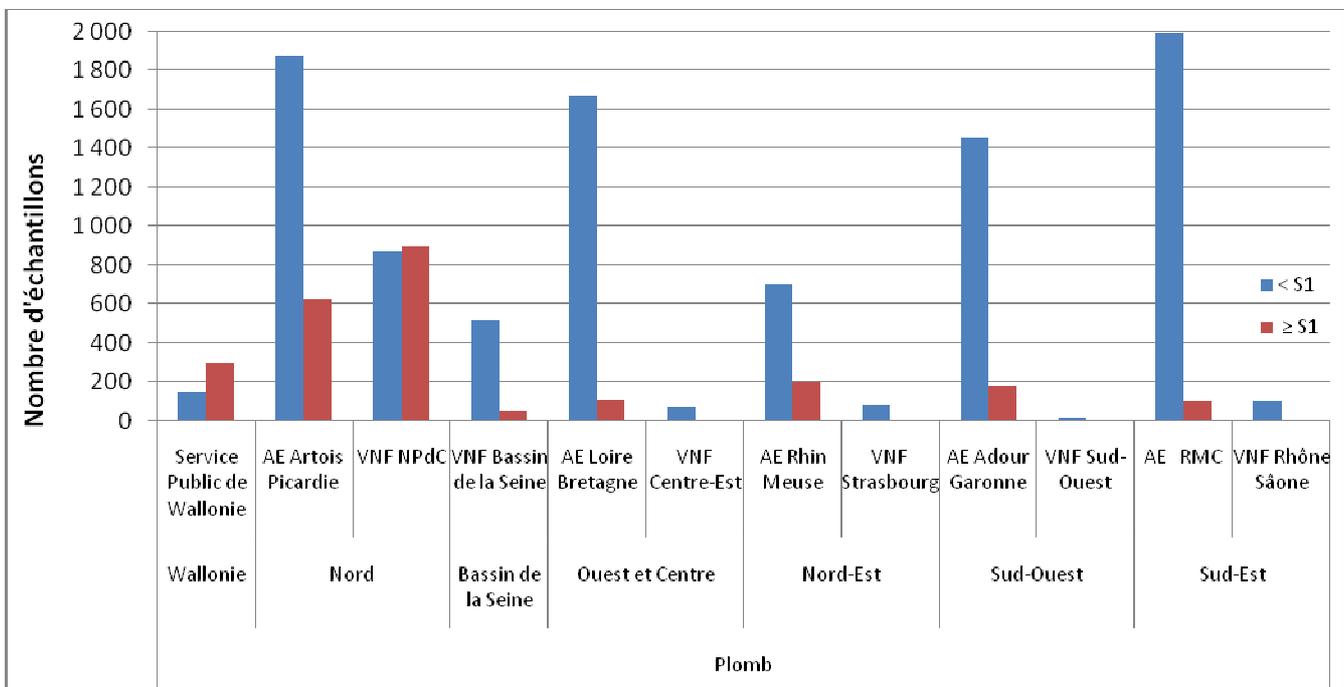


Figure 42 : Nombre d'échantillons < S1 et ≥ S1 pour le plomb, en fonction des différentes régions et gestionnaires des données.

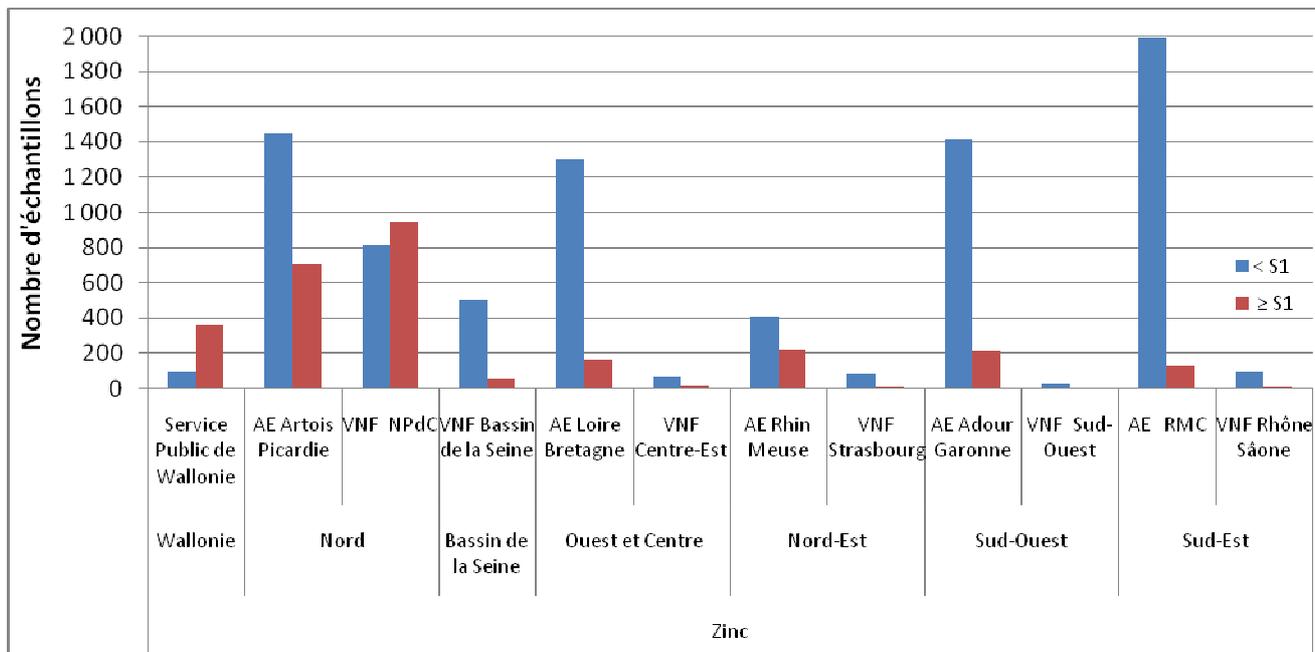


Figure 43 : Nombre d'échantillons < S1 et ≥ S1 pour le zinc, en fonction des différentes régions et gestionnaires des données.

Nous retrouvons une tendance relativement proche pour ces deux métaux entre les différents gestionnaires. Comme dans le cas du cadmium, nous retrouvons le plus de valeurs ≥ S1 pour les gestionnaires : Public de Wallonie (plomb 66.4%; et zinc 79.8%), VNF Nord Pas de Calais (plomb 53.%; et zinc 53.7%) et l'Agence de l'Eau Artois Picardie (plomb 25.0%; et zinc 32.9%). Mais aussi pour l'Agence de l'Eau Rhin Meuse, respectivement 22.0% et 35.1% pour le plomb et le zinc.

Autres métaux

Pour les autres éléments inorganiques, le taux de concentration ≥ S1 est moindre par rapport à ceux rencontrés pour le plomb et le zinc, (voir Tableau 18, Tableau 19 et Tableau 20). Toutefois, les données du service public de Wallonie et de la direction VNF Nord-Pas-de-Calais, présente le plus fort rapport de valeurs ≥ S1.

Le cas du mercure (Figure 44) est particulier et déjà traité plus tôt, où l'ensemble des 88 échantillons dépassent le seuil pour la direction de Strasbourg de VNF, sans explication connue par nous.

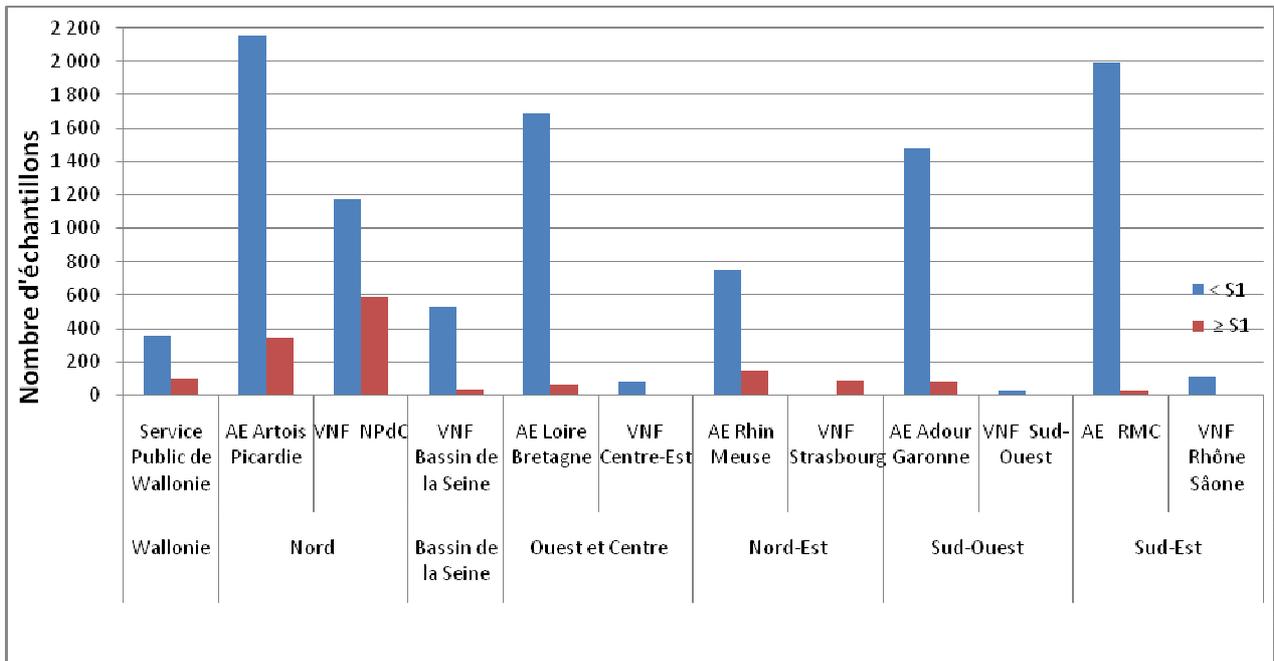


Figure 44 : Nombre d'échantillons < S1 et ≥ S1 pour le mercure, en fonction des différentes régions et gestionnaires des données.

Contaminants organiques

Pour les HAP (Figure 45), le nombre de paramètres ≥ S1 est très faible lui aussi, sauf pour la Direction Nord-Pas-de-Calais du gestionnaire VNF pour laquelle un échantillon sur trois dépasse le seuil S1 pour les HAP. Le taux de concentration ≥ S1, pour les PCB est faible, pour l'ensemble de la base de données,

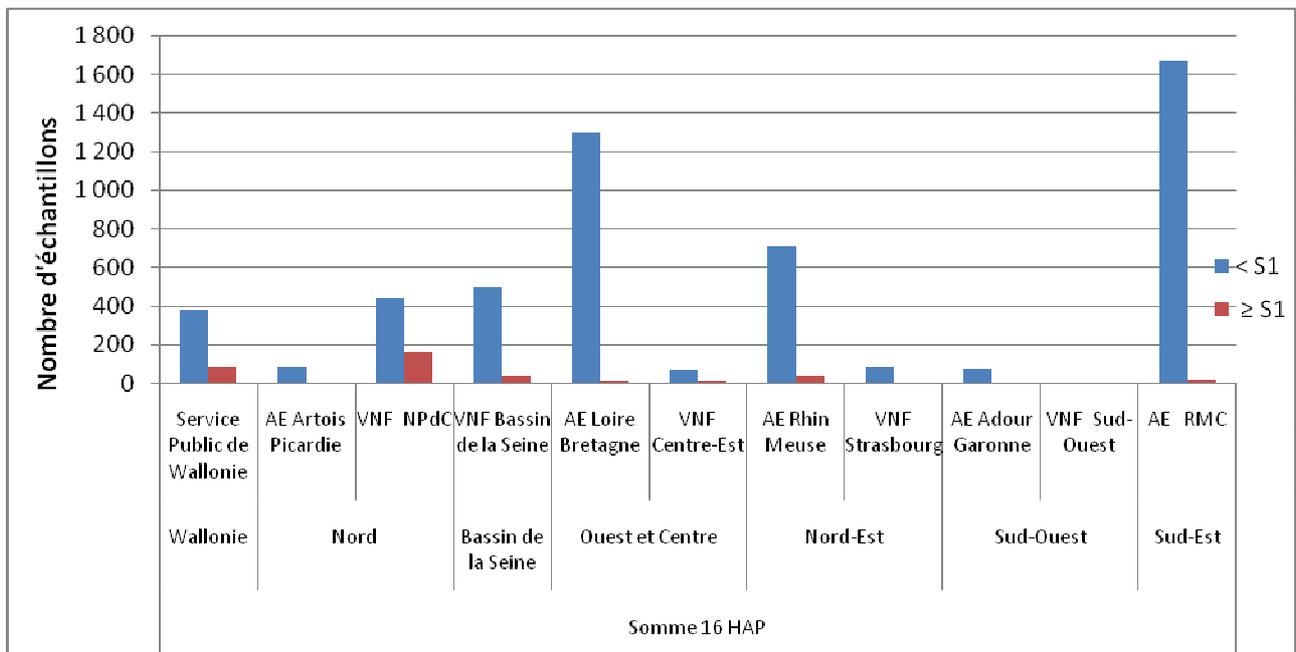


Figure 45 : Nombre d'échantillons < S1 et ≥ S1 pour la somme des 16 HAP, en fonction des différentes régions et gestionnaires des données.

3.3.3 Distribution des familles analytiques en fonction du seuil S1

Si l'on regroupe les paramètres par famille (une famille dépasse S1 lorsqu'un de ses paramètres dépasse S1), en considérant uniquement les échantillons complets²³. Le dépassement apparaît comme fréquent pour les métaux et peu présente pour les HAP et les PCB (Figure 46). Deux échantillons sur cinq sont contaminés par au moins un métal, mais ce nombre diminue à un sur dix pour les contaminants organiques.

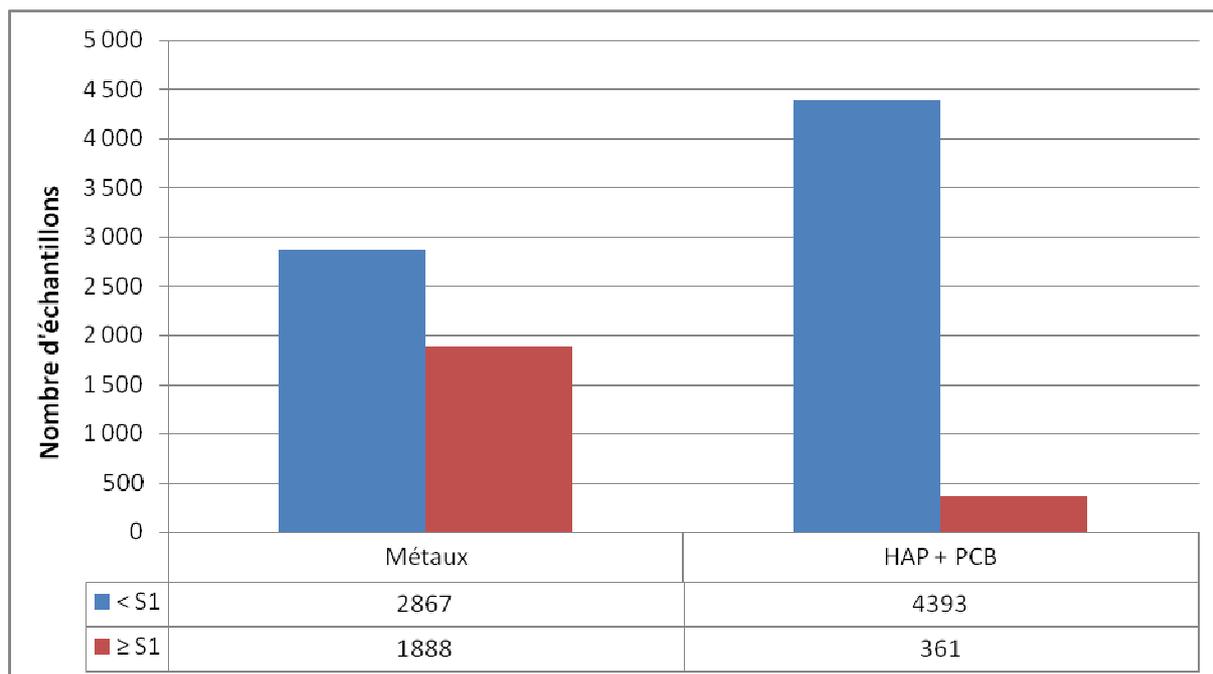


Figure 46 : Nombre d'échantillons complets classés par famille < S1 et ≥ S1.

²³ Dans le cas où l'on étudie le taux de dépassement pour un ensemble de paramètres, pour un même échantillon, le choix de travailler avec uniquement les échantillons complets devient une obligation.

3.3.4 Distribution des échantillons en fonction du seuil S1

Le nombre d'échantillons qui dépasse le seuil S1 par au minimum un paramètre est de 1940 sur 4853 échantillons complets (Figure 47), soit environ **41 % des échantillons**. Ce nombre diminue à **36 % pour les 4314 échantillons Français** (Figure 48), mais **augmente à 86 % pour les 439 échantillons en Wallonie** (Figure 49).

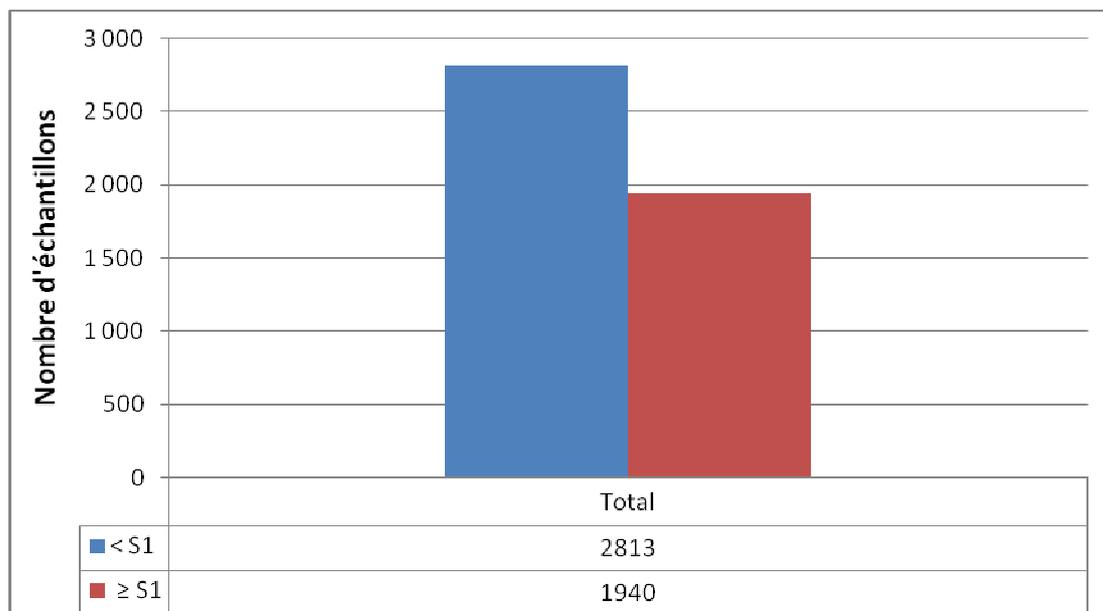


Figure 47 : Nombre d'échantillon $\geq S1$ pour l'ensemble de l'échantillon, un seul paramètre $\geq S1$ classe l'échantillon comme $\geq S1$.

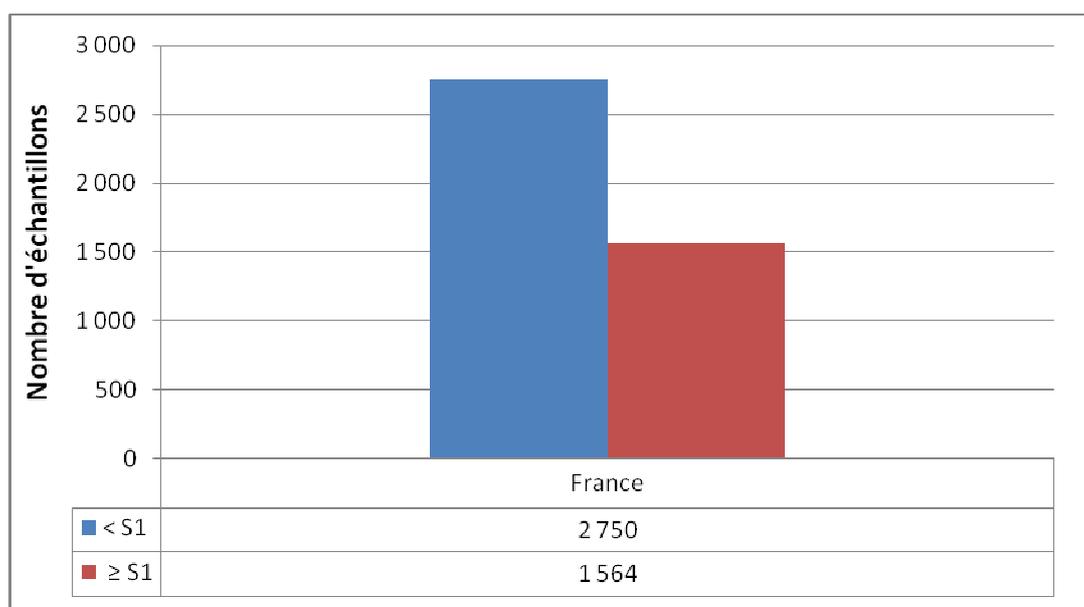


Figure 48 : Nombre d'échantillon $\geq S1$ pour les échantillons du territoire français, un seul paramètre $\geq S1$ classe l'échantillon comme $\geq S1$.

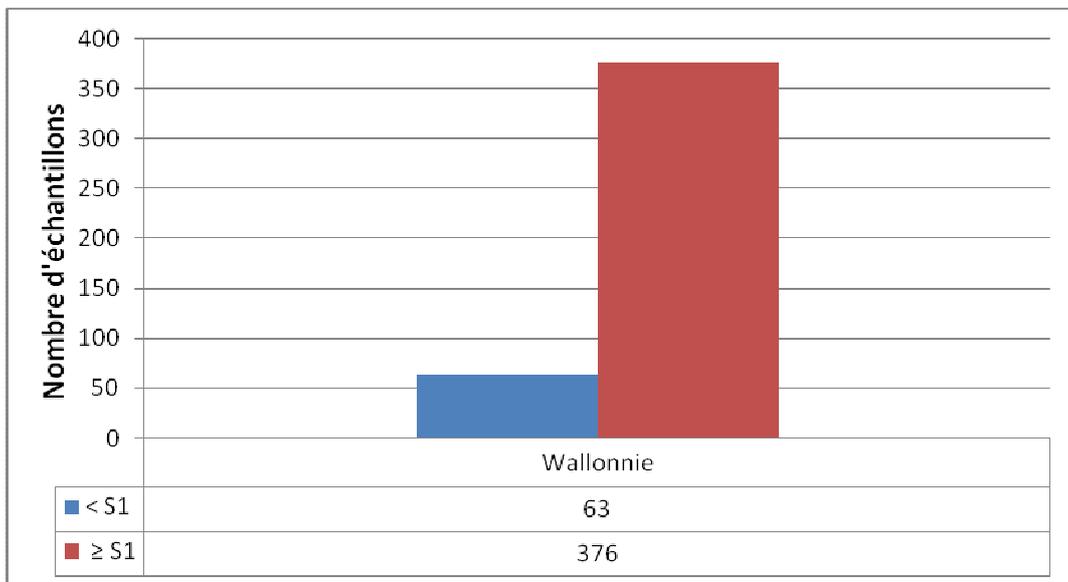


Figure 49 : Nombre d'échantillon $\geq S1$ pour les échantillons de Wallonie, un seul paramètre $\geq S1$ classe l'échantillon comme $\geq S1$.

La Figure 50 et la Figure 51 expriment le nombre de paramètres $\geq S1$ par échantillon, pour les gestionnaires où des données sont disponibles²⁴. La majorité des échantillons sont $< S1$ pour l'ensemble des gestionnaires sauf le Service Public de Wallonie et VNF Nord-Pas-de-Calais. Parmi les échantillons qui dépasse le Seuil $S1$, le nombre de paramètres $\geq S1$ au sein d'un échantillon est faible (1 ou 2 voire 3). Le dépassement des seuils est donc peu fréquent et plutôt « mono-contaminant ».

A l'inverse pour le Service Public de Wallonie et VNF Nord-Pas-de-Calais, le taux de dépassement est très fréquent, et pas limité à quelques paramètres. Nous pouvons observer jusqu'à 9 paramètres $\geq S1$, sur les 10 mesurés, pour un échantillon de VNF Nord-Pas-de-Calais et plus surprenant de VNF Bassin de la Seine.

²⁴ Absence d'échantillons complets, avec les 10 paramètres étudiés, pour l'agence de l'eau Artois Picardie et la direction VNF Rhône Saône.

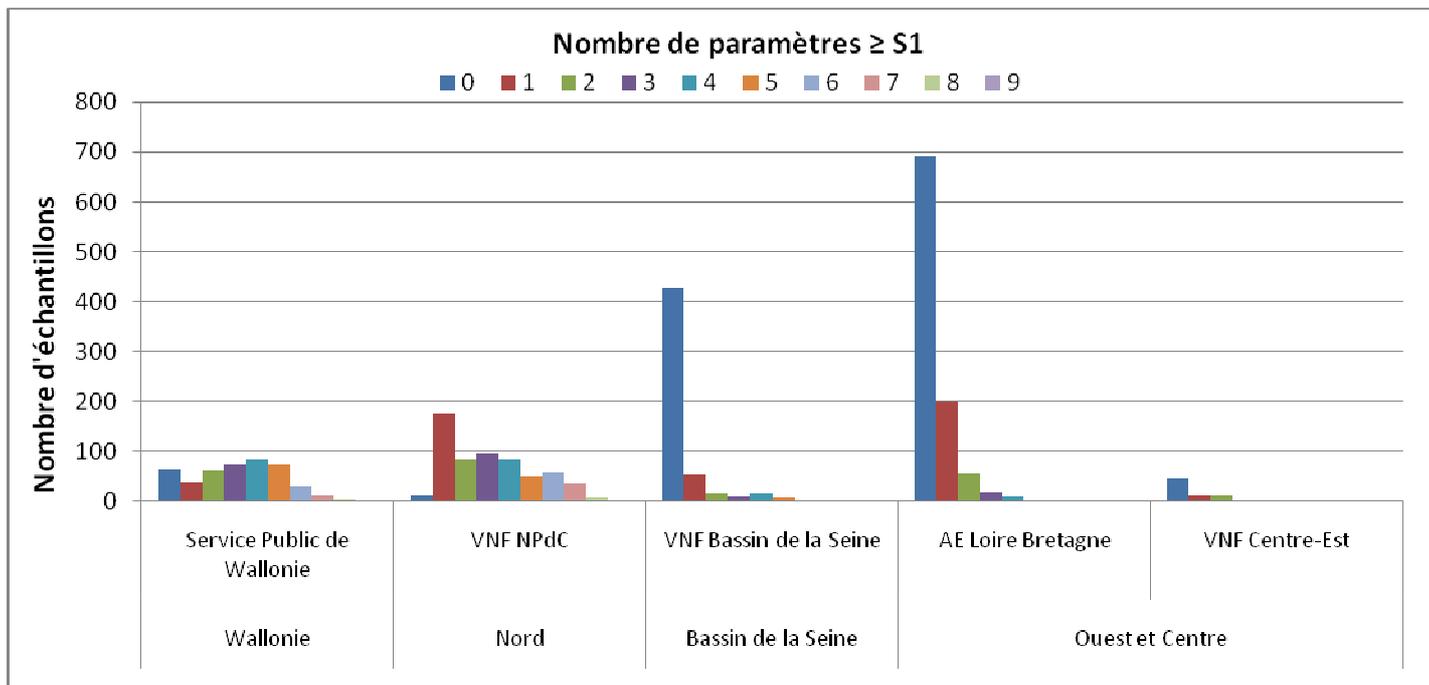


Figure 50 : Nombre d'échantillons présentant n paramètres ≥ S1 (« n » étant le nombre de paramètres indiqués dans la légende).

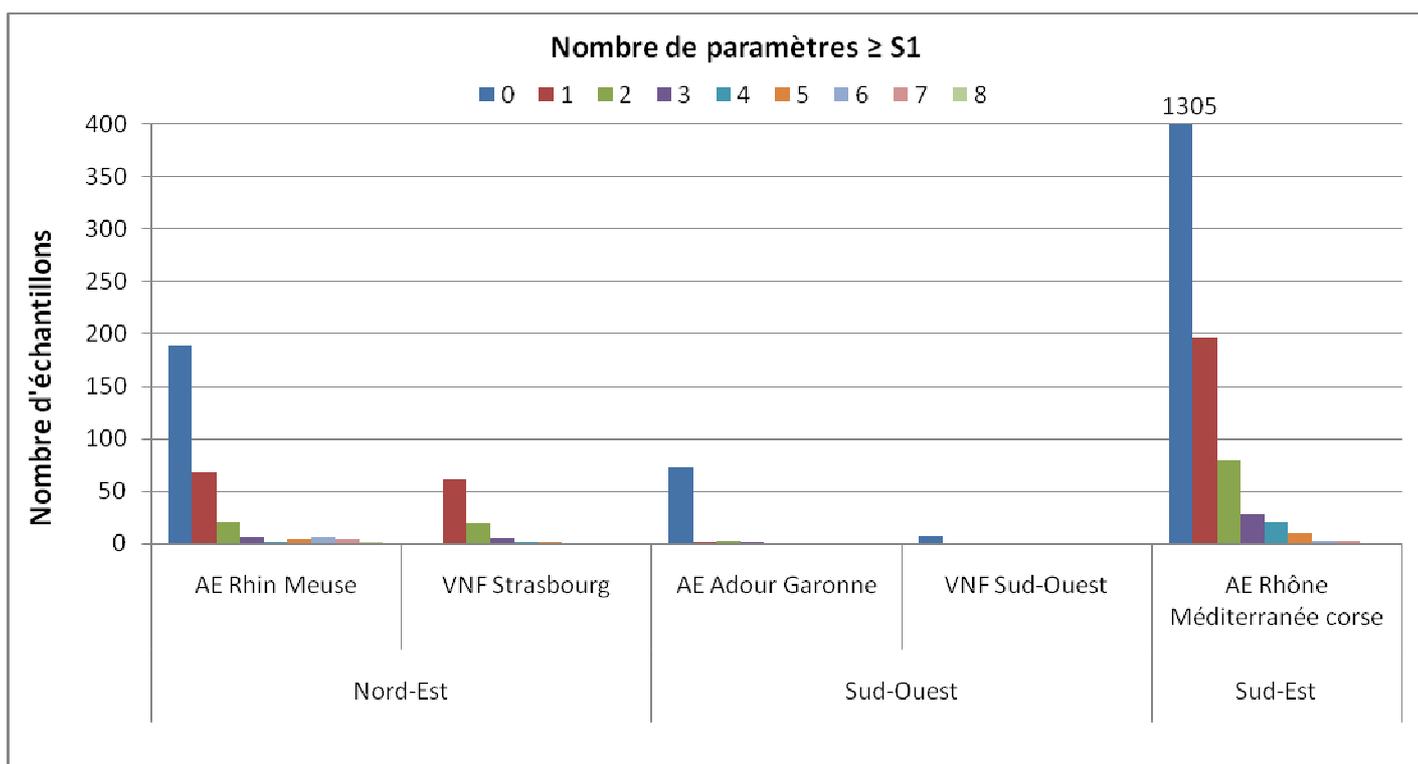


Figure 51 : Nombre de paramètres ≥ S1 par échantillons issu de la base de données VNF National, en fonction de la Direction ayant fait les analyses.

Conclusion sur le dépassement des valeurs seuils

41 % des échantillons sont contaminés par au moins un des 10 paramètres pris en compte (deux échantillons sur cinq en un métal, et un échantillon sur 10 en HAP et PCB).

Les contaminations sont plus rares et essentiellement monoparamètres pour les Agences de l'Eau et les directions VNF (sauf Nord-Pas-de-Calais), alors qu'elles sont majoritaires et multiparamètres pour VNF Nord-Pas-de-Calais et le Service Public de Wallonie, héritage sans doute d'anciennes pratiques d'activité industrielle.

4. Conclusion

Cette étude présente les données d'analyses conventionnelles (8 métaux lourds sur brut et sur lixiviât, HAP, PCB, COT, granulométrie, tests écotoxicologiques) disponibles de sédiments fluviaux, avec leurs éventuelles corrélations entre contaminants, leurs différences géographiques et leur classement réglementaire.

La base d'analyses chimiques de sédiments fluviaux, a été établie à partir des données des Voies Navigables de France, des Agences de l'Eau Adour Garonne, Artois Picardie, Loire Bretagne, Rhin Meuse, et Rhône Méditerranée Corse, ainsi que par le Service Public de Wallonie (Belgique), elle compte 314 856 lignes et 12 850 échantillons couvrant une période de 28 ans.

Les teneurs médianes en contaminants sur brut sont les suivantes: As 7.27 mg/kg, Cd 0.65 mg/kg, Cr 36.0 mg/kg, Cu 21.7 mg/kg, Hg 0.13 mg/kg, Ni 19.0 mg/kg, Pb 32.6 mg/kg, Zn 130 mg/kg, somme des 16 HAP 1.47 mg/kg et somme des 7 PCB 0.057 mg/kg. Les teneurs médianes des fractions granulométriques sont de 11.9 % d'argile, 52.3 % de limon, 29.5 % de sable, avec 3.4 % de carbone organique.

Tous les paramètres montrent des distributions asymétriques (ni normales ni log-normales) dominées par quelques points particulièrement contaminés (teneur jusqu'à 15 % pour le plomb...). Ces distributions sont le mieux approchées par la médiane et divers quantiles. La dispersion est maximale pour le cadmium, le mercure et les HAP. Les résultats des essais de lixiviation transmis (567 échantillons, dont 560 pour VNF Bassin de la Seine) indiquent un taux de dépassement des seuils d'acceptation en Installation de Stockage pour Déchets Inertes (ISDI) situé entre <1 et 5% selon les paramètres, pour les sédiments testés. Au total, 12 % des échantillons ont au moins une concentration en métal lixiviable supérieure au seuil d'acceptation en ISDI. Au regard des critères d'appréciation retenus par le MEEDDM, les résultats des tests d'écotoxicité transmis (VNF Bassin de la Seine, 7 tests daphnies et 315 tests Brachionus) indiquent un taux de sédiments classés dangereux de 3,6 % des sédiments testés. Les lieux de prélèvement sont majoritairement échantillonnés une seule année, et ne constituent donc pas des réseaux réguliers de surveillance. Pour les rares séries de données interannuelles qui existent, la variabilité est forte entre les années.

Les corrélations entre paramètres (corrélations deux à deux et analyse en composantes principales) sont déterminées par les quelques valeurs extrêmes des distributions, et semblent peu opérationnelles. Un groupe métallique cadmium - nickel - plomb - zinc apparaît, sans lien net avec la granulométrie ni le COT. Les contaminants organiques sont modérément reliés au COT mais pas à la granulométrie. Une explication possible est que les contaminations sont essentiellement d'origine humaine aléatoire et probablement ponctuelle et ne sont pas reliées à la capacité de rétention du sédiment (argile, matière organique). La variabilité géographique l'emporterait sur la corrélation liée au comportement. Une corrélation est observée entre les HAP et le COT, marquant une pollution par les HAP plus largement disséminée et une rétention par le COT. Ainsi, bien sûr, ce n'est donc pas parce qu'un sédiment est argileux ou riche en carbone qu'il est contaminé. Les tests de métaux lixiviables et d'écotoxicologie (*Braichionus* sp.), réalisés uniquement par la Direction Bassin de la Seine de VNF, ne montrent pas de corrélation opérationnelle avec les métaux sur brut ni le COT.

Un tiers de la base de données est classable selon la réglementation du dragage des sédiments (seuil S1). Ceci montre à nouveau qu'il ne s'agit pas d'un réseau de mesures régulières, mais probablement de campagnes de mesures en fonction d'objectifs ponctuels. Ce qui peut signifier une surreprésentation des zones contaminées dans l'échantillonnage. Le taux de dépassement du seuil S1 pour l'ensemble des paramètres mesurés est de 11.7 %. Il est principalement dû au cadmium, au zinc et au plomb, alors que les dépassements sont moins fréquents pour l'arsenic, le chrome, le cuivre, le mercure, et le nickel ainsi que les contaminants organiques. Deux échantillons sur cinq atteignent les seuils en au moins un métal, alors que moins de 10 % atteignent les seuils en HAP et PCB. Les dépassements sont plus rares et essentiellement monoparamètres pour les Agences de l'Eau et VNF hors Nord-Pas-de-Calais, alors qu'elles sont majoritaires et multiparamètres pour VNF Nord-Pas-de-Calais et le Service Public de Wallonie, héritage sans doute d'anciennes activités industrielle. Globalement, le taux d'échantillons français supérieurs aux seuils pour au moins un paramètre est de 36 %.

5. Références citées

INERIS, 2009. *Impacts sur les milieux aquatiques des sédiments de dragage gérés à terre : Problématique, contexte réglementaire, modélisation du transfert de contaminants organiques*

Rapport d'étude, INERIS-DRC-08-95306-16457A. A. Bénard, B. Hazebrouck. 30/6/2009

INERIS. *Qualité des sédiments marins en France : synthèse des bases de données disponibles*

Rapport d'étude, INERIS-DRC-10-95306-01412A, A. Bénard, JM Padox, P. Hennebert. A venir Août 2010.

LAPORTA V., FRANCE H.. *Schéma Directeur Régional des terrains de Dépôt*. VNF, 2008

Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer. *Arrêté du 09/08/2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993*. (J.O n° 222 du 24 septembre 2006)

MEEDDM, 2009. Test H14 pour les sédiments : présentation du protocole proposé pour validation par le groupe de travail « Dangerosité des sédiments » du MEEDDM et argumentaire succinct des choix effectués. C. Mouvet, P. Vaillant, M. Babut et P. Pandard, Version du 2 octobre 2009.

SETRA, 2010. *Acceptabilité de matériaux alternatifs en techniques routières*. Evaluation environnementale. Guide méthodologique. MEEDDM. L. Château, P. Vaillant, et al. Version projet mars 2010

6. Listes des annexes

Repère	Désignation	Nb pages
Annexe 1	Liste de paramètres de la base de données principale, nombre de données par gestionnaire et nombre total de données	7 A4
Annexe 2	Liste de paramètres de la base de données complémentaire, nombre de données par gestionnaire et nombre total de données	25 A4

Annexe 1 : Liste de paramètres de la base de données principale, nombre de données par gestionnaire et nombre total de données

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est		Sud-Ouest		Sud-Est		
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	VNF Strasbourg	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	VNF Rhône Saône	Total général
Contaminants Inorganiques	11 555	23 508	14 037	4 480	19 081	616	9 293	703	14 428	168	23 656	864	122 389
Métaux	3 599	16 348	14 037	4 480	12 648	616	6 117	703	12 808	168	16 751	864	89 139
Arsenic	448	2 178	1 731	560	1 452	77	628	87	1 581	21	2 102	108	10 973
Cadmium	449	2 505	1 762	560	1 774	77	902	88	1 634	21	2 080	108	11 960
Chrome	450		1 762	560	1 316	77	629	88	1 629	21	2 117	108	8 757
Cuivre	450	2 183	1 758	560	1 476	77	629	88	1 632	21	2 107	108	11 089
Mercure	452	2 497	1 765	560	1 753	77	896	88	1 553	21	2 023	108	11 793
Nickel	450	2 323	1 731	560	1 627	77	902	88	1 516	21	2 111	108	11 514
Plomb	450	2 503	1 766	560	1 780	77	902	88	1 634	21	2 094	108	11 983
Zinc	450	2 159	1 762	560	1 470	77	629	88	1 629	21	2 117	108	11 070
Métaux autres	7 956	7 160			6 433		3 176		1 620		6 905		33 250
Aluminium	441	208			272		333						1 254
Antimoine	443	75			202		131		83		460		1 394
Argent		76			205		131		80		446		938
Baryum	443	75			202		131		80		763		1 694
Béryllium	443	75			202		131		80		446		1 377
Bore		1 057			173		118		80		460		1 888
Calcium	441				131				37				609
Chrome hexavalent					119								119
Chrome total		2 183											2 183
Cobalt	450	75			202		131		80		446		1 384
Etain	437	906			1 267		131		80		478		3 299

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est		Sud-Ouest		Sud-Est		
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	VNF Strasbourg	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	VNF Rhône Saône	Total général
Fer	441				302		333		110				1 186
Fer total		1 159											1 159
Magnésium	441												441
Manganèse	440	584			306		333		90				1 753
Molybdène	443	75			202		131		80		446		1 377
Phosphore total					1 438		356						1 794
Potassium	441												441
Sélénium	443	237			202		131		340		730		2 083
Silicium	441												441
Sodium	441												441
Tellure		75			202		131		80		446		934
Thallium	443	75			200		131		80		446		1 375
Titane	443	75			202		131		80		446		1 377
Uranium		75			202		131		80		446		934
Vanadium	441	75			202		131		80		446		1 375
Contaminants Organiques	12 763	7 348	1 216	1 091	47 267	154	29 806	176	12 052	27	60 403		172 303
HAP	7 835	3 844	607	536	23 475	77	14 042	88	7 075	8	29 596		87 183
Somme 16 HAP	460	87	607	536	1 307	77	749	88	81	8	1 687		5 687
Acénaphène	461	90			1 322		749		81		1 689		4 392
Acénaphthylène	461	87			995		749				1 692		3 984
Anthracène	461	296			1 450		841		646		1 742		5 436
Benzo(a)anthracène	461	293			1 391		841		368		1 740		5 094
Benzo(a)pyrène	461	372			1 486		919		760		1 783		5 781
Benzo(b)fluoranthène	461	372			1 486		919		760		1 787		5 785
Benzo(g,h,i)pérylène	461	372			1 486		919		761		1 785		5 784

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est		Sud-Ouest		Sud-Est		
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	VNF Strasbourg	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	VNF Rhône Saône	Total général
Benzo(k)fluoranthène	460	372			1 486		919		760		1 778		5 775
Chrysène	461				1 322		749		81		1 742		4 355
Dibenzo(a,h)anthracène	461	293			1 391		841		368		1 690		5 044
Fluoranthène	461	372			1 486		918		760		1 787		5 784
Fluorène	461	87			1 322		710		81		1 716		4 377
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	461	371			1 486		919		760		1 779		5 776
Naphtalène	461				1 345		710		359		1 712		4 587
Phénanthrène	461	293			1 391		841		368		1 742		5 096
Pyrène	461	87			1 323		749		81		1 745		4 446
HAP autres	922	460			2 934		2 218		787		3 381		10 702
Benzo(e)pyrène									51				51
HAP - 6 de Borneff	461												461
HAP totaux	461	48											509
Méthyl-2-Fluoranthène		206			1 375		841		368		1 670		4 460
Méthyl-2-Naphtalène		206			1 359		833		368		1 710		4 476
P-cymène					200						1		201
Somme de Benzo(b)fluoranthène et Benzo(k)fluoranthène							272						272
Somme de Benzo(g,h,i)pérylène et Indéno(1,2,3-cd)pyrène							272						272
PCB	3 546	2 568	609	555	10 140	77	7 351	88	3 934	19	14 139		43 026
Somme 7 PCB	443	321	609	555	1 239	77	919	88	496	19	1 765		6 531
PCB 101	460	321			1 272		920		492		1 766		5 231
PCB 118	360	321			1 272		920		471		1 766		5 110
PCB 138	444	321			1 272		913		495		1 772		5 217

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est		Sud-Ouest		Sud-Est		
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	VNF Strasbourg	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	VNF Rhône Saône	Total général
PCB 153	460	321			1 272		920		496		1 769		5 238
PCB 180	459	321			1 272		920		494		1 771		5 237
PCB 28	460	321			1 272		919		495		1 765		5 232
PCB 52	460	321			1 269		920		495		1 765		5 230
PCB autres	460	476			10 718		6 195		256		13 287		31 392
Aroclor 5060					293								293
Aroclor 5442					293								293
Aroclor 5460					293								293
Aroclor 1232					601						214		815
Aroclor 1242					614		494				214		1 322
Aroclor 1248					585						214		799
Aroclor 1254					613		494				214		1 321
Aroclor 1260					614		494				214		1 322
Biphényle		87											87
Mono-méthyl-tétrachlorodiphénylméthane							709						709
PCB 105					938		494				1 716		3 148
PCB 114											215		215
PCB 123											215		215
PCB 126					508		842				447		1 797
PCB 156					508						447		955
PCB 157											215		215
PCB 167											215		215
PCB 169		87			582		839		81		447		2 036
PCB 170					723						1 721		2 444
PCB 189											215		215

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est		Sud-Ouest		Sud-Est		
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	VNF Strasbourg	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	VNF Rhône Saône	Total général
PCB 194					824				13		1 717		2 554
PCB 207					105								105
PCB 209					723						1 715		2 438
PCB 35					175		494		81		447		1 197
PCB 44					723						1 716		2 439
PCB 66					101								101
PCB 77		87			582		841		81		447		2 038
PCB 81											215		215
PCB totaux	460	215			320		494				107		1 596
Ecotoxicologiques				308			7		7				322
Tests écotoxicologiques				308			7		7				322
Test Brachionus				308			7						315
Test Daphnies										7			7
Lixiviation				7 055					84				7 139
Métaux lixi.				4 480					49				4 529
Arsenic lixi.				560						7			567
Cadmium lixi.				560						7			567
Chrome lixi.				560						7			567
Cuivre lixi.				560									560
Mercure lixi.				560						7			567
Nickel lixi.				560						7			567
Plomb lixi.				560						7			567
Zinc lixi.				560						7			567
Métaux autres lixi.				2 240					28				2 268
Antimoine lixi.				560						7			567

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est		Sud-Ouest		Sud-Est		
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	VNF Strasbourg	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	VNF Rhône Saône	Total général
Baryum lixi.				560						7			567
Molybdène lixi.				560						7			567
Sélénium lixi.				560						7			567
Anions lixi.				335						7			342
Fluorures lixi.				335						7			342
Physico-Chimiques	860		1 349	311	2 248	9	1 901		1 279	21	787		8 765
COT	417				1 439		1 004		282				3 142
Carbone Organique Total	417				1 439		1 004		282				3 142
Azote					551								551
Azote Kjeldahl					551								551
Siccité	443		1 349	311	258	9	897		997	21	787		5 072
Matière sèche à 105°C	443		1 349	311	258	9	897		997	21	787		5 072
Physiques	1 341	174	1 584	785		54							3 938
Granulométrie	1 341	174	1 584	785		54							3 938
0 < ϕ < 2 μ m	299	58	528	315		18							1 218
2 < ϕ < 50/63 μ m	299	58	528	235		18							1 138
50/63 < ϕ < 2000 μ m	299	58	528	235		18							1 138
Refus Tamis 2 mm	444												444
Total général	26 519	31 030	18 186	14 030	68 596	833	41 000	886	27 759	307	84 846	864	314 856

Annexe 2 : Liste de paramètres de la base de données complémentaire, nombre de données par gestionnaire et nombre total de données

Paramètre	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	Total général
	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	
Contaminants Organiques		1 162		1 236	199 244		73 352	17 774	7	416 083	708 858
BTEX				405	3 973		1 717	683		9 615	16 393
BTEX				405							405
Benzène					422		13	359		1 647	2 441
Toluène					386		13			1 648	2 047
Ethylbenzène					685		346	81		1 692	2 804
Xylène					427		346			43	816
Xylène-ortho					628		333	81		1 553	2 595
Xylène-méta					386		333	81		1 174	1 974
Xylène-para					583		333	81		1 174	2 171
Xylène méta + para					456					378	834
Xylène ortho + méta + para										306	306
BTEX autres					2 870		346	81		1 700	4 997
1-Methyl-2-isopropylbenzène					2						2
1-Methyl-3-isopropylbenzène					2						2
3-Ethyltoluène					468						468
Butylbenzène sec					213					3	216
Butylbenzène tert					257						257
Isodurène					1						1
Isopropylbenzène					685		346	81		1 690	2 802
N-butylbenzène					257						257
N-propylbenzène					257						257
Styrène					200						200

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Trichloropropylène-1,1,3					58						58
Triméthylbenzène-1,2,3					213						213
Triméthylbenzène-1,2,4					257					7	264
Dioxines					85						85
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlorodibenzodioxine					5						5
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzodioxine					5						5
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzofurane					5						5
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlorodibenzofurane					5						5
1,2,3,4,7,8-hexachlorodibenzo[b,e][1,4]dioxine					5						5
1,2,3,4,7,8-hexachlorodibenzofurane					5						5
1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzofurane					5						5
1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxine					5						5
1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzofurane					5						5
1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzo-p-dioxine					5						5
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzofurane					5						5
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzo-p-dioxine					5						5
2,3,4,6,7,8-Hexachlorodibenzofurane					5						5
2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofurane					5						5
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofurane					5						5
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxine					5						5
Octachlorodibenzofurane					5						5
Anilines					7 860		1 651			25 099	34 610
2,3,4-Trichloroaniline					332					1 646	1 978
2,3,5-Trichloroaniline					332					1 646	1 978
2,4,5-Trichloroaniline					376					1 579	1 955
2-Chloro-4 méthylaniline					44		507			474	1 025

Paramètre	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	Total général
	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	
2-Chloro-4-nitroaniline					44						44
2-chloro-4-nitrotoluène					301		507				808
2-Chloro-5-nitroaniline					44						44
2-Chloro-6-methylaniline					44						44
3-Chloro-2-methylaniline					44						44
4-Chloro-2-méthylaniline					302						302
4-Chloro-3-nitroaniline					88						88
4-Trifluoromethylaniline					44						44
Chloro-4 Nitroaniline-2					606		13			1 646	2 265
Chloro-4 Nitrotoluène-2					301		507			1 648	2 456
Chloroaniline-2					606		13			1 646	2 265
Chloroaniline-3					606		13			1 646	2 265
Chloroaniline-4					606		13			1 646	2 265
Dichloroaniline-2,3					415		13			1 646	2 074
Dichloroaniline-2,4					448		13			1 646	2 107
Dichloroaniline-2,5					459		13			1 646	2 118
Dichloroaniline-2,6					415		13			1 646	2 074
Dichloroaniline-3,4					529		13			1 646	2 188
Dichloroaniline-3,5					415		13			1 646	2 074
Trichloroaniline-2,4,6					459					1 646	2 105
Bromodiphényléther					2 401					2 759	5 160
BDE100 2,2',4,4',6-pentabromodiphényléther					597					515	1 112
BDE138 2,2',3,4,4',5'-hexabromophényléther					293					514	807
BDE153 2,2',4,4',5,5'-hexabromophényléther					293					514	807
BDE154										186	186

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la Seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
BDE47 2,2',4,4'-tétrabromodiphényléther					293					515	808
BDE85 2,2',3,4,4'-pentabromodiphényléther					265						265
BDE99 2,2',4,4',5-pentabromodiphényléther					597					515	1 112
Somme des 13 PBDE					54						54
Tétrabromodiphényléther					9						9
Chlorobenzènes					16 195		9 256	2 204		31 706	59 361
1,2,3,4-Tétrachlorobenzène					505					988	1 493
1,2,3,5 tétrachlorobenzène					153					939	1 092
2,6-Dichlorobenzamide					294					644	938
Chlorobenzène					606		13			1 647	2 266
Chloronitrobenzène-1,2					606		13			1 647	2 266
Chloronitrobenzène-1,3					606		13			1 647	2 266
Chloronitrobenzène-1,4					606		13			1 647	2 266
Chloronitrotoluène							333				333
Chlorure de triphénylétain					469		13	81			563
Dichlorobenzène-1,2					670		424	81		1 690	2 865
Dichlorobenzène-1,3					670		424	81		1 691	2 866
Dichlorobenzène-1,4					670		424	81		1 690	2 865
Dichlorobenzidine-3,3'					301		507				808
Dichloronitrobenzène-2,3					907		507	81		1 690	3 185
Dichloronitrobenzène-2,4					554		507			1 647	2 708
Dichloronitrobenzène-2,5					702		507	81		1 647	2 937
Dichloronitrobenzène-3,4					700		507	81		1 647	2 935
Dichloronitrobenzène-3,5					554		507			1 647	2 708
Hexachlorobenzène					1 470		920	757		1 713	4 860

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la Seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Hydroxyde de triphénylétain								81			81
Pentachlorobenzène					953		507	359		1 172	2 991
Somme des Trichlorobenzènes					150		494			210	854
Tetrachlorobenzène-1,2,4,5					1 046		346	81		1 032	2 505
Trichlorobenzène-1,2,3					1 103		759	308		1 689	3 859
Trichlorobenzène-1,2,4					1 082		759	51		1 692	3 584
Trichlorobenzène-1,3,5					818		759			1 690	3 267
Chlorophénols					16 890		4 797	683		36 158	58 528
1-(3,4-dichlorophenyl)-3-méthyl-urée					10						10
2-Chloro-6-méthylphénol					296					1 647	1 943
2-amino-4-chlorophénol					298					987	1 285
Chloro-2-Méthylphénol-5					430					1 647	2 077
Chloro-4-Méthylphénol-2					137						137
Chloro-4-Méthylphénol-3					1 101		507	81		1 690	3 379
Chlorophénol-2					699		13			1 647	2 359
Chlorophénol-3					699		13			1 647	2 359
Chlorophénol-4					699		13			1 647	2 359
Dichlorophénol-2,3					742		78			1 647	2 467
Dichlorophénol-2,4					1 043		585	81		1 690	3 399
Dichlorophénol-2,5					699		78			1 647	2 424
Dichlorophénol-2,6					742		78			1 647	2 467
Dichlorophénol-3,4					742		78			1 647	2 467
Dichlorophénol-3,5					449		78			1 552	2 079
Pentachlorophénol					1 406		585	359		1 690	4 040
Tétrachlorophénol-2,3,4,5					585					1 647	2 232
Tétrachlorophénol-2,3,4,6					585					1 647	2 232
Tétrachlorophénol-2,3,5,6					585					1 647	2 232

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Trichlorophénol-2,3,4					760		507			1 690	2 957
Trichlorophénol-2,3,5					742					1 647	2 389
Trichlorophénol-2,3,6					1 043		507			1 690	3 240
Trichlorophénol-2,4,5					1 043		585	81		1 690	3 399
Trichlorophénol-2,4,6					1 043		585	81		1 690	3 399
Trichlorophénol-3,4,5					312		507			378	1 197
COHV					11 242		1 607	2 001		37 286	52 136
3 chloropropène					328		13			1 383	1 724
Bromobenzène					199					1	200
Bromochlorométhane					272						272
Bromoforme					272						272
Bromure de méthyle					44						44
Chloroéthane					44						44
Chloroforme					422		13	359		1 647	2 441
Chlorométhane					44						44
Chlorure de benzyle							13			1 646	1 659
Chlorure de benzylidène							507			1 646	2 153
Chlorure de vinyle					199		13				212
Dibromo-1,2 chloro-3 propane					44						44
Dibromoéthane-1,2					272		13			1 647	1 932
Dibromométhane					257						257
Dibromomonochlorométhane					272						272
Dichloroéthane-1,1					386		13			1 647	2 046
Dichloroéthane-1,2					422		13	359		1 647	2 441
Dichloroéthène-1,1					386		13			1 647	2 046
Dichloroéthène-1,2					155					1 174	1 329
Dichloroéthylène-1,2 cis					386					474	860

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Dichloroéthylène-1,2 trans					329		13			473	815
Dichlorométhane					422		13	359		1 647	2 441
Dichloromonobromométhane					272						272
Dichloropropane-1,2					386		13			1 647	2 046
Dichloropropane-1,3					386					1 647	2 033
Dichloropropane-2,2					200					473	673
Dichloropropène-1,1					102					473	575
Dichloropropène-1,3					73		13			1 647	1 733
Dichloropropène-1,3 cis					313						313
Dichloropropène-1,3 trans					250						250
Dichloropropène-2,3					117		13			1 647	1 777
Fréon 11					102					478	580
Fréon 113					416		346			1 034	1 796
Fréon 12					44						44
Somme des Trihalomethanes (4)					6						6
Somme Heptachlore époxyde cis/trans					631		507			1 195	2 333
Tétrachloréthène					386		13	308		1 655	2 362
Tétrachloroéthane-1,1,1,2					371					473	844
Tétrachloroéthane-1,1,2,2					386		13			1 647	2 046
Tétrachlorure de carbone					386		13	308		1 649	2 356
Trichloréthane-1,1,2							13				13
Trichloroéthane-1,1,1					386		13			1 647	2 046
Trichloroéthane-1,1,2					386					1 647	2 033
Trichloroéthylène					386		13	308		1 648	2 355
Trichloropropane-1,2,3					102						102
Détergents					2 521		1 371	1 026		3 904	8 822
4-n-nonylphénol					276					403	679

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
4-Nonylphénol ramifié					847		333	359		514	2 053
4-nonylphénols							346				346
4-tert-butylphénol					9					514	523
4-tert-Octylphénol					904		346	359		378	1 987
Nonylphénols					485		346	308		1 132	2 271
Octylphénol										963	963
Divers					9 855		8 152	1 299		28 219	47 525
2-Chloro-3-nitrotoluène					301		507			43	851
2-Nitroanisole					44						44
2-nitrotoluène					44						44
3-Aminobenzotrifluoride					44						44
4-Nitroanisole					44						44
Acrylamide							13				13
Anthraquinone					155		494			36	685
Benzène, 1-chloro-2-methyl-3-nitro-					301		507				808
Benzidine							13			1 648	1 661
Biphényle					819		507	15		1 713	3 054
Bitertanol					449					667	1 116
Chloro-1 Dinitrobenzène-2,4					122		13			1 647	1 782
Chloronaphtalène-1					301		507			1 689	2 497
Chloronaphtalène-2					301		507			1 552	2 360
Chloroprène					200		507			472	1 179
Chlorotoluène-2					670		346	81		1 691	2 788
Chlorotoluène-3					670		346	81		1 692	2 789
Chlorotoluène-4					670		346	81		1 693	2 790
Chlorure de cyanuryle							494				494
Cyanures libres										28	28

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Diméthylphénol-2,4					137					1 647	1 784
Dinitrocresol					349					1 129	1 478
Dinitrotoluène-2,4					44					1 648	1 692
Dinitrotoluène-2,6					44					1 648	1 692
Durène					1						1
Epichlorohydrine					155						155
Ethyl tert-butyl ether					58						58
Hexachlorobutadiène					721		758	359		1 690	3 528
Hexachloroéthane							507				507
Hexaconazole					594			15		1 554	2 163
Isobutylbenzène					102						102
Mésitylène					257					9	266
Méthyl tert-butyl Ether					58						58
Nitrobenzène					44						44
Nitrophénol-2					181					1 647	1 828
Nitrophénol-4					44						44
Octabromodiphényléther					712		494	308		514	2 028
Oxyde de dichlorodiisopropyle					44		13				57
Pentabromodiphényl oxyde					789		507	359		1 173	2 828
p-Nitrotoluène					44						44
Somme des Hexachlorocyclohexanes							272				272
Somme PBE99 et PBE100					342		494				836
Trinitrotoluène										989	989
hydrocarbures divers				498	3 349		1 723	1 863		3 066	10 499
C10-C13-Chloroalcanes					832		507	359		471	2 169
Code gelé en 2001 (Hexachlorocyclohexane)							494				494

Paramètre	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	Total général
	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	
Decane					1						1
Heptane					1						1
Hexachloroéthane					685					1 690	2 375
Hydrocarbure totaux				498							498
Indane					1						1
Indène					1						1
Matières Organiques Volatiles (M.O.V.)					1 548		13	1 504		695	3 760
Mono-méthyl-tétrachlorodiphénylméthane							709				709
n-Hexane					1						1
Nonane					1						1
Octane					1						1
Pentane					1						1
Somme des Hexachlorocyclohexanes					275						275
Somme Hydrocarbures en C5										210	210
Undecane					1						1
Organoétains		6			380			162			548
Tetrabutylétain		6			380			81			467
Acétate de triphénylétain								81			81
Organostanniques		1 156			2 122		1 116	359		5 644	10 397
Tributylétain		390			627		346	359		489	2 211
Tétrabutylétain							346			513	859
Code gelé en 2005 (Acétate de triphénylétain)							13				13
Code gelé en 2005 (Hydroxyde de triphénylétain)							13				13
Dibutylétain		383			584		346			513	1 826
Dichlorure de dibutylétain							13				13

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Diocylstannane					85					513	598
Diphenyltin					85					513	598
Monobutylétain		289			284					513	1 086
Octylstannane					85					513	598
Oxyde de dibutylétain					60		13				73
Oxyde de tributylétain							13				13
Phenyltin					85					513	598
Tetraphenyletain					2						2
Tin(1+), tributyl-					55		13			25	93
Tricyclohexylétains					85					513	598
Triocylétain					85					513	598
Triphénylétain		94								513	607
Perturbateur endocrinien					101						101
Bisphénol A					101						101
Pesticides					64 304		17 842	2 009		137 777	221 932
3-hydroxy-carbofuran					4						4
acifluorfen					101						101
Aclonifène					718			15		1 554	2 287
Aldicarbe					298					1 152	1 450
Aldicarbe sulfoné					4						4
Aldicarbe sulfoxyde					4						4
Alpha-cyperméthrine					453					667	1 120
Amétryne					486					1 152	1 638
Amitraze					294					644	938
AZOXYSTROBINE					449					667	1 116
Benalaxyl					225					485	710
Bendiocarbe					8						8

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Benfluraline					347					485	832
Bénomyl										2	2
Bentazone					384		13			1 152	1 549
Benthiocarbe										485	485
Betacyfluthrine										23	23
Bifénox					626					1 152	1 778
Bifenthrine					369		494			1 151	2 014
Bioresméthrine					294		494			667	1 455
Bromacil					349					1 152	1 501
Bromopropylate					349					1 152	1 501
Bromoxynil					304			81		910	1 295
Bromoxynil octanoate					247		494	81		425	1 247
Bupirimate					294					667	961
Butraline					519		494			1 152	2 165
Captafol					349					1 152	1 501
Captane					448					1 152	1 600
Carbaryl					514					1 152	1 666
Carbendazime					351					1 129	1 480
Carbétamide					453					1 152	1 605
Carbofuran					356					1 152	1 508
Carbophénothion					170						170
Chlorbufame					4					485	489
Chloridazone					330		13			1 152	1 495
Chloronèbe					55					485	540
Chlorophacinone					55					485	540
Chlorothalonil					626		494			1 152	2 272
Chlorprophame					247		494	15		425	1 181

Paramètre	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	Total général
	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	
Clomazone					294					422	716
Cyfluthrine					524					1 152	1 676
Cyhalothrine					4						4
Cymoxanil					80					485	565
Cyperméthrine					524					1 152	1 676
Cyproconazole					503					1 152	1 655
Cyprodinil					541		494	15		1 554	2 604
Décabromodiphényl oxyde					712					514	1 226
Deltaméthrine					620		507	15		1 554	2 696
Déméton							507				507
Déméton-S-Méthyl										485	485
Déméton-S-méthylsulfone					15						15
Depalléthrine					449		494			667	1 610
Desmethylnorflurazon					293					644	937
Desmétryne					192					1 129	1 321
Diallate					298					1 129	1 427
Diazinon					463		494			1 152	2 109
Dicamba					329						329
Dichlobenil					349					1 129	1 478
Dichlofluanide					349					1 129	1 478
Dichlorvos					364		13			1 129	1 506
Diclofop-méthyl										485	485
Dicofol					431		494			1 129	2 054
Diéthofencarbe					298					1 129	1 427
Difénoconazole					294					644	938
Diflufenicanil					256			15		918	1 189
Dimétachlore					165						165

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Dimethenamide					519					1 152	1 671
Diméthoate					364		13			1 129	1 506
Diméthomorphe					55					485	540
Dinosèbe					365					1 129	1 494
Dinoterbe					348					1 152	1 500
Diquat					5						5
Disulfoton					665		507			1 172	2 344
dithianon					294					644	938
Endosulfan					412		507	359		233	1 511
Endosulfan alpha					1 421		842			1 597	3 860
Endosulfan bêta					1 287		842			1 597	3 726
Endosulfan sulfate					679					1 112	1 791
Endrine					1 091		585	308		1 597	3 581
Epoxiconazole					247			15		425	687
Esfenvalerate					294					644	938
Ethion					309					644	953
Ethofumésate					55					485	540
Fénamidone					293						293
Fénarimol					65					485	550
Fenbuconazole					293						293
Fénitrothion					950		507	15		1 597	3 069
fenoxycarbe					541			15		1 069	1 625
Fenpropathrine					369					1 129	1 498
Fenpropidine					155						155
Fenpropimorphe					219					485	704
Fenthion					820		507			1 195	2 522
Fentine acetate					60						60

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Fentine hydroxyde					60						60
Fipronil					294					23	317
Fluazifop-butyl					4					485	489
Fludioxonil					541			15		1 069	1 625
Fluquinconazole					293						293
Flurochloridone					449					1 129	1 578
Fluroxypyr					33						33
Fluroxypyr-meptyl					92		494			425	1 011
Flurtamone					294						294
Flusilazole					595			15		1 554	2 164
Flutriafol					210					485	695
Fluvalinate-tau					294					667	961
Folpel					293					1 152	1 445
Fomesafen					101						101
Formothion					70					485	555
Hexazinone					620					485	1 105
Imazaméthabenz-méthyl					191						191
Imidaclopride					449					644	1 093
Ioxynil					88					485	573
Iprodione					596		494	15		1 554	2 659
Isoxaben					619					1 129	1 748
Isoxaflutole					10						10
Kresoxim-methyl					541		494	15		1 069	2 119
Lambda-cyhalothrine					612			81		1 518	2 211
Lénacile					55					485	540
Malathion					519		13			1 152	1 684
Mécoprop					391		494			1 152	2 037

Paramètre	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	Total général
	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	
Mécoprop-P							13				13
Mépronil					55						55
Meptyldinocap					449					1 129	1 578
Métalaxyl					504					644	1 148
Métamitrone					170					485	655
Metconazole					155						155
Méthidathion					519					1 129	1 648
Méthomyl					65						65
Métosulame										210	210
Métribuzine					347					485	832
Myclobutanil					294					667	961
Naled					11					644	655
Napropamide					247		494	15		425	1 181
Norflurazone					504					1 152	1 656
Ométhoate					135		13				148
Oryzalin					486					1 129	1 615
Oxadiazon					722		494	15		1 554	2 785
Oxadixyl					364					1 152	1 516
Oxamyl					4						4
Oxydéméton-méthyl					5		13				18
Parathion éthyl					813		494			1 195	2 502
Parathion méthyl					519		507			1 195	2 221
Penconazole					293					667	960
Pendiméthaline					737			81		1 554	2 372
Perméthrine					504		494			644	1 642
Phenmédiphame					59					485	544
Phorate					293					644	937

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Phosalone					524					1 152	1 676
Phosphate de tributyle					528		506	81		513	1 628
Phoxime					393		507			1 195	2 095
Picoxystrobine					1						1
Piperonyl butoxyde					294					667	961
Pirimicarbe					297					644	941
Prochloraz					210					485	695
Procymidone					596			15		1 554	2 165
Promécarbe					294					644	938
Prométryne					448					485	933
Propanil					519		13			1 129	1 661
Propargite					349					1 129	1 478
Propiconazole					603		494			1 152	2 249
Propoxur					359					667	1 026
Propyzamide					525		494	15		910	1 944
Prosulfocarbe					220					485	705
Pyraclostrobin					155						155
Pyridabène					294					644	938
Pyridate					55					485	540
Pyrifenox					348					1 152	1 500
Pyriméthanil					519					1 152	1 671
Quinoxifen					101						101
Quintozène					294					23	317
Secbuméton					519					667	1 186
Sulcotrione					43					485	528
Tébuconazole					539			15		1 069	1 623
Tébufénozide					294					667	961

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Tébufenpyrad					294					667	961
Tébutame					611			21		1 554	2 186
Terbacil					349					1 129	1 478
Terbuméton					519					1 152	1 671
Terbutryne					439		494			910	1 843
Tetraconazole					596			15		1 554	2 165
Thiabendazole					165						165
Thiafluamide					155						155
Thiodicarbe					294						294
Thiométon					155						155
Tolylfluamide					294					644	938
Tralométhrine					298					1 152	1 450
Triadiméfon					294					644	938
Triadiménol										485	485
Triallate					14					485	499
Trichlorfon					51		13				64
Triclopyr					363					1 152	1 515
Tridémorphe					1						1
Trifluraline					1 467		507	646		1 597	4 217
Vinclozoline					450					1 152	1 602
Pesticides chlorés					26 733		14 954	1 658		38 502	81 847
2,4,5-T					358		507			1 195	2 060
2,4-D					367		13			930	1 310
2,4-DB					298					1 152	1 450
2,4-D-ester										644	644
2,4-MCPA					391		13			1 152	1 556
2,4-MCPB					298					1 152	1 450

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Acétochlore					308		494	21		425	1 248
Alachlore					571		507	359		1 152	2 589
Aldrine					1 086		585	308		1 597	3 576
Chlordane					783		507			1 597	2 887
Chlordane alpha					807					687	1 494
Chlordane bêta					587					687	1 274
Chlordane gamma					221						221
Chlordécone					294					644	938
Chlorpyriphos-méthyl					519		494			1 597	2 610
DDD 24'					1 380		920			1 597	3 897
DDD 44'					1 380		920	308		1 597	4 205
DDE 24'					1 460		920			1 597	3 977
DDE 44'					1 468		920			1 597	3 985
DDT 24'					1 469		920			1 597	3 986
DDT 44'					1 473		920			1 597	3 990
Dichlorofenthion					309					644	953
Dichlorprop					819		507	15		1 597	2 938
Dichlorprop-P					1						1
Heptachlore					960		494			1 597	3 051
Heptachlore époxyde endo trans					513		507				1 020
Heptachlore époxyde exo cis					513		507				1 020
Hexachlorocyclohexane alpha					1 317		842			1 597	3 756
Hexachlorocyclohexane bêta					1 317		842			1 597	3 756
Hexachlorocyclohexane delta					1 317		785			1 597	3 699
Hexachlorocyclohexane epsilon					951					1 112	2 063
Hexachlorocyclohexane gamma					1 457		842	647		1 597	4 543
Métazachlore					519					1 152	1 671

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Méthoxychlore					448		494			667	1 609
Métolachlore					518		494			1 152	2 164
Propachlore					256						256
Pesticides drines					1 703		1 364	616		1 979	5 662
Dieldrine					1 067		585	308		1 554	3 514
Isodrine					636		507	308		425	1 876
Somme de l'aldrine, dieldrine, endrine et de l'isodrine							272				272
Pesticides phosphorés					11 932		3 068	733		23 186	38 919
Azinphos éthyl					820		507			1 195	2 522
Azinphos méthyl					618		13			1 152	1 783
Bromophos éthyl					519					667	1 186
Bromophos méthyl					519					1 152	1 671
Cadusafos					15						15
Chlorfenvinphos					980		507	359		1 597	3 443
Chlorméphos					454			15		1 554	2 023
Chlorpyriphos-éthyl					990		507	359		1 112	2 968
Coumaphos					665		507			1 172	2 344
Ethoprophos					364		494			1 129	1 987
Fenchlorphos					170						170
Fonofos					364					1 129	1 493
isazofos					309						309
Methamidophos					36		13				49
Mévinphos					519		13			1 129	1 661
phosmet					294					667	961
Phosphamidon					294					667	961
Profenofos					294					644	938

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Propétamphos					519					1 129	1 648
Pyrazophos					364					1 152	1 516
Pyrimiphos-éthyl					519					1 152	1 671
Pyrimiphos-méthyl					519					1 152	1 671
Quinalphos					294					667	961
Téméphos					294					644	938
Terbuphos					364					1 129	1 493
Tétrachlorvinphos					170						170
Triazophos					665		507			1 195	2 367
Pesticides triazines					4 520		1 508	1 042		8 882	15 952
Acrinathrine					353					1 152	1 505
Atrazine					700		507	359		1 152	2 718
Atrazine déisopropyl					175					485	660
Atrazine déséthyl					505			303		1 129	1 937
Cyanazine					641					1 129	1 770
Propazine					641					1 129	1 770
Simazine					700		507	359		1 152	2 718
Terbuthylazine					735		494	21		1 554	2 804
Terbuthylazine déséthyl					70						70
Pesticides urées substituées					8 567		1 534	739		14 298	25 138
1-(4-IsopropylPhényl) Urée					10						10
3,4-dichlorophénylurée					10						10
Chloroxuron					364					1 152	1 516
Chlorsulfuron					55					485	540
Chlortoluron					541					1 152	1 693
Diflubenzuron					156					485	641
Diméfuron										485	485

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Diuron					576		507	359		1 152	2 594
Fénuron					171						171
Flazasulfuron					449						449
Flufenoxuron					449					1 129	1 578
Isoproturon					572		507	359		1 152	2 590
Linuron					966		507	21		1 597	3 091
Mercaptodiméthuron					359					1 129	1 488
Méthabenzthiazuron					225					485	710
Métobromuron					225					485	710
Métoxuron					271						271
Metsulfuron méthyle					1 200						1 200
Monolinuron					519		13			1 152	1 684
Monuron					620					1 129	1 749
Néburon					225					485	710
Nicosulfuron					155						155
Pencycuron					155						155
Téflubenzuron					294					644	938
Phénols				333	795		346	308	7	5 127	6 916
Indice Phénols				333					7		340
Méthylphénol-2					137					1 647	1 784
Méthylphénol-3					94					1 647	1 741
Méthylphénol-4					88					1 647	1 735
p-(n-octyl) phénol					476		346	308		186	1 316
Phtalates					846		1 000	308		1 176	3 330
Ethyl hexyl phtalate					846		506	308		1 176	2 836
n-Butyl Phtalate							494				494
Physiques	1 799	442	2 645	1 646		183		2 560	11		9 286

	Wallonie	Nord		Bassin de la Seine	Ouest et Centre		Nord-Est	Sud-Ouest		Sud-Est	
Paramètre	Service Public de Wallonie	AE Artois Picardie	VNF NPdC	VNF Bassin de la Seine	AE Loire Bretagne	VNF Centre-Est	AE Rhin Meuse	AE Adour Garonne	VNF Sud-Ouest	AE Rhône Méditerranée Corse	Total général
Granulometrie autres	1 500	384	2 645	1 103		183		79	4		5 898
0 < ϕ < 2 μ m	300	67	529	156		49					1 101
2 < ϕ < 20 μ m	300	64	529	237		46					1 176
20 < ϕ < 40 μ m		64									64
20 < ϕ < 50 μ m	300		529	236		21					1 086
200 < ϕ < 2000 μ m			529	237		21			3		790
40 < ϕ < 63 μ m		64									64
50 < ϕ < 200 μ m			529	237		46			1		813
50 < ϕ < 2000 μ m	300										300
63 < ϕ < 2000 μ m		67									67
ϕ > 2000 μ m	300										300
Particules < 50 μ m		58						79			137
Divers	299	58		543				2 481	7		3 388
Classement CCSBM	299										299
Dominante de l'échantillon de sédiment								1 027			1 027
Fraction Insoluble								1 454			1 454
Fraction Insoluble Quartz		58									58
Fraction Soluble				543					7		550
Total général	3564	1 604	3 284	2 882	199 394	183	73 352	20 334	18	416 083	720 698