

Analyse physico-chimique des sédiments dans les lieux de déversement des déchets industriels de la zone côtière belge

K. Vandamme

Ministerie van Landbouw
Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek
Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek Gent
Rijksstation voor Zeevisserij
Ankerstraat, 1 — B-8400 Oostende

R. Gabriels

Ministerie van Landbouw
Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek
Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek Gent
Rijksstation voor Sierplantenteelt
Caritasstraat, 21 — B-9230 Melle

Dans les quatre lieux de déversement de déchets industriels de la zone côtière belge, on a prélevé dans le courant de l'année 1981 des échantillons de sédiments. Les résultats de l'analyse physico-chimique sont commentés dans le présent article. Une attention particulière a été accordée à la détermination des métaux. C'est ainsi qu'on a comparé la procédure d'extraction à l'aide d'acide nitrique 5M («teneur totale en métaux») à une extraction à l'aide d'acide acétique à 25 p.c. (teneur en métaux «biologiquement disponibles»). En même temps, on a effectué l'analyse des métaux tant sur l'échantillon global que sur la fraction de boue. L'analyse de la fraction de boue est plus significative parce qu'elle limite l'influence de la distribution en fonction de la dimension des particules et permet donc de comparer entre eux les résultats.

1. Introduction

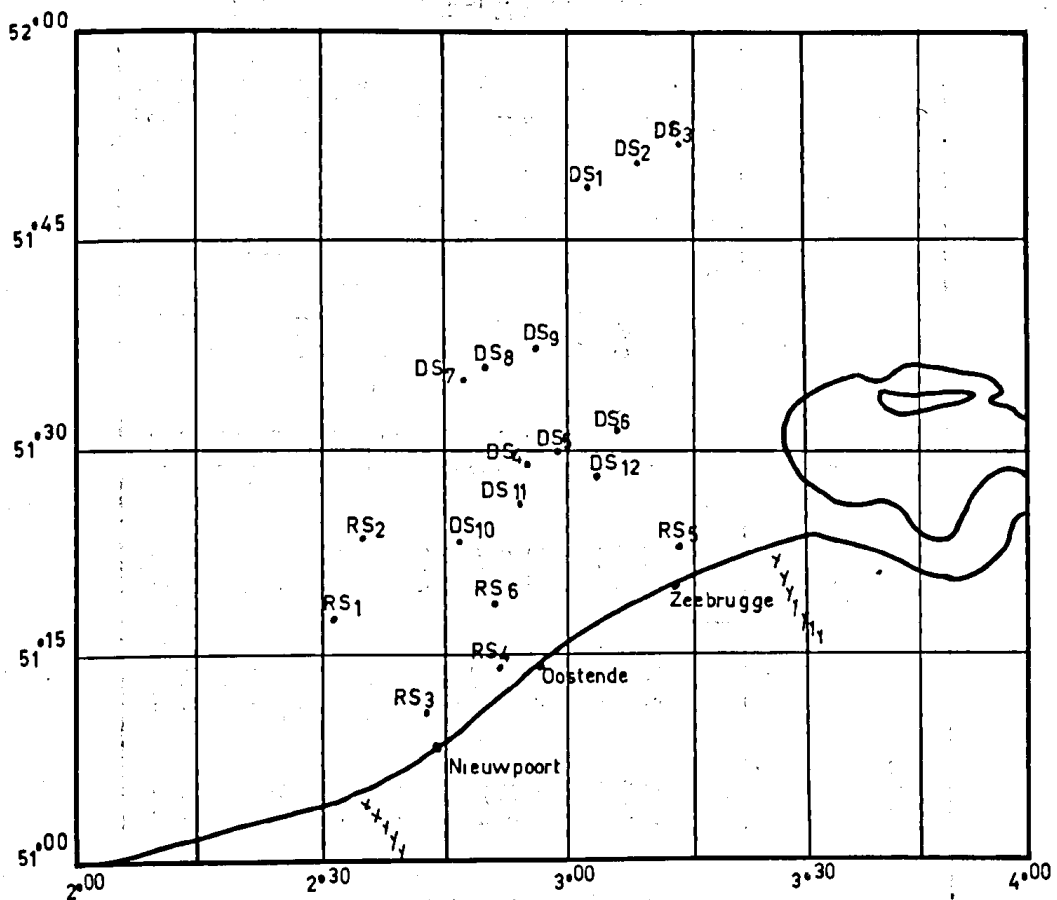
Depuis 1976, les lieux de déversement de déchets industriels provenant de cinq entreprises belges sont l'objet d'une surveillance régulière. Les résultats de l'échantillonnage des sédiments (programme 1981) sont commentés dans le présent rapport. Tous les échantillons ont été soumis à une analyse granulométrique. Une attention spéciale a aussi été consacrée aux métaux lourds. On a comparé deux procédures d'extraction, et afin de rendre les résultats comparables entre eux, on a également analysé les fractions de boue. On a comparé les procédés d'extraction à l'aide d'acide nitrique 5M et à l'aide d'acide acétique à 25 p.c. L'extraction à l'acide nitrique consiste en une forte digestion dont on admet qu'elle dégage tous les métaux sauf ceux qui sont combinés à une structure silicatée (Skei, 1982). Les résultats obtenus d'après cette méthode sont désignés dans le présent rapport comme «teneur totale en métaux». Avec l'acide acétique, on réalise une extraction moins agressive qui, selon Loring (1981) ne dégage que les métaux qui sont présents sous la forme de carbonates, dans les lieux d'échanges ioniques et dans les composants de Fe et de Mg facilement solubles. De ce fait, on peut utiliser cette extraction comme mesure de la fraction «biologiquement disponible». La capacité d'adsorption d'un sédiment est en grande partie déterminée par la distribution suivant la taille des particules.

Les particules d'une taille inférieure à 63 microns sont appelées «fraction boueuse». A cause de la grande surface spécifique de cette fraction boueuse, on y retrouve pratiquement tous les métaux adsorbés. Afin d'éliminer l'influence de la distribution suivant la taille des particules, et de rendre les résultats comparables entre eux (ICES, 1982), il est conseillé au niveau international d'effectuer l'analyse des métaux sur la fraction boueuse.

2. Matériel et méthodes

On a prélevé des échantillons de sédiments dans les quatre points de décharge de déchets industriels. Lors du choix des lieux d'échantillonnage, on a tenu compte du courant marin orienté au N-E et situé face à la côte belge. Par zone de déversement, on a échantillonné trois points: un premier vers le S-O de la zone de déversement proprement dite, un deuxième au centre de cette zone et enfin un troisième vers le N-E. DS1 à DS6 sont les stations d'échantillonnage relatives à deux zones de déversement de déchets provenant de la production de dioxyde de titane (une solution d'acide sulfurique contenant du fer et des traces de métaux lourds). DS7, 8 et 9 sont situés dans une zone où sont déversés des déchets provenant d'une fabrication d'herbicides (dithiocarbamates). DS10, 11 et 12 sont des stations situées dans une zone de déversement de déchets phénolés et de déchets solides de la production

Figure 1 Localisation des stations de déversement et de référence



d'enzymes protéolytiques. Comme référence, on a échantillonné six points, dont trois étaient des stations côtières (RS3, 4 et 5) situées dans la zone des trois milles. On a également échantillonné trois points relativement éloignés de l'influence des activités de déversement, à savoir RS1, RS2 et RS6. La position des lieux d'échantillonnage est représentée à la figure 1.

Les différents points ont été échantillonnés en moyenne trois fois dans le courant de 1981. Le prélèvement s'est fait au moyen d'une benne de Van Veen. Les échantillons ont été conservés par congélation. L'analyse granulométrique, la matière organique et la teneur en carbonates ont été déterminées de la manière décrite dans une précédente publication (Vandamme, 1982). Des analyses des métaux ont été effectuées sur les échantillons provenant de zones où il y a un «input» de métaux (DS1 à DS6 inclus). Outre les échantillons

de sédiments de ces stations, on a également analysé quant à leur teneur en métaux les échantillons des points de référence. On a mobilisé à partir des sédiments les métaux Al, Fe, Zn, Pb, Ni, Cr, V et Ti à l'aide de deux procédés d'extraction spécifiques, à savoir l'acide nitrique 5M (Baeteman, 1978; Andrulowicz, 1975) («teneur totale en métaux») et l'acide acétique à 25 p.c. (Loring, 1977) (fraction métallique «biologiquement disponible»). Afin de permettre une comparaison avec les résultats des années précédentes (Baeteman, 1982), on a dosé les métaux aussi bien sur la fraction boueuse que sur l'échantillon global de sédiments. Pour ce faire, on a utilisé les méthodes d'analyse suivantes:

Al: spectrofluorimétrie (Gabriels et al., 1981).

Ti: spectrophotométrie UV-VIS (Gabriels et al., 1983).

Cr, Fe, Ni, Pb, V, Zn: spectrométrie par

Tableau 1 Quelques données physico-chimiques des échantillons de sédiments

Echantillon	Valeur médiane			Fraction < 0,063 mm			Fraction > 2 mm			Matière organique			Carbonates		
	Md ø			%			%			%			% CaCO ₃		
	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.	min.	max.	moy.
DS1	1,35	1,50	1,40	0	0,80	0,50	0	9,80	2,90	0,22	0,25	0,24	2,59	4,32	3,50
DS2	1,30	1,50	1,45	0,25	1,10	0,60	0,15	4,90	1,70	0,24	0,34	0,30	4,35	5,30	4,70
DS3	1,35	1,50	1,40	0,60	1,15	0,80	0	0,60	0,20	0,16	0,31	0,24	2,84	3,12	3,00
DS4	1,55	1,65	1,60	1,14	2,40	1,80	0,25	10,60	5,40	0,48	0,56	0,52	8,20	8,60	8,40
DS5	1,65	1,75	1,70	3,10	11,60	6,00	0,20	0,40	0,25	0,70	1,60	1,03	9,55	12,70	10,80
DS6	1,50	1,80	1,65	10,80	32,50	21,50	1,80	9,11	5,45	1,61	3,90	2,75	17,50	24,90	21,20
DS7	0,95	1,55	1,33	0,80	1,00	0,90	0	5,75	2,40	0,15	0,50	0,33	3,90	11,60	7,15
DS8	1,00	1,40	1,20	0,84	1,20	1,10	2,40	10,20	7,60	0,38	0,55	0,45	8,05	14,20	11,80
DS9	1,50	1,50	1,50	0,90	1,05	0,95	0,06	0,18	0,14	0,20	0,28	0,24	3,90	5,90	4,65
DS10	1,35	1,70	1,50	0,96	2,10	1,50	0,40	3,10	1,50	0,45	0,65	0,55	10,60	15,60	13,40
DS11	1,35	1,50	1,45	1,40	4,30	2,50	0,55	24,00	11,30	0,65	0,75	0,70	8,25	18,55	12,45
DS12	-	-	-	83,40	95,45	89,40	0	0	0	9,10	16,20	12,60	25,80	32,10	28,95
RS1	1,50	1,80	1,70	1,00	6,60	2,50	0,15	4,80	0,23	0,27	1,28	0,71	11,55	14,60	13,20
RS2	1,35	1,50	1,40	1,10	1,90	1,50	29,50	36,00	34,00	1,50	2,40	1,85	21,20	23,80	22,10
RS3	2,10	-	-	1,95	65,05	28,00	0	2,70	1,00	0,65	5,85	2,70	10,85	32,30	18,90
RS4	2,00	2,35	2,10	1,40	3,50	2,10	0,03	0,92	0,33	0,47	0,67	0,55	9,20	11,75	10,70
RS5	-	-	-	64,85	86,60	75,50	0	0,26	0,08	5,45	6,15	5,80	24,80	34,90	29,85
RS6	1,60	2,25	1,90	1,30	27,90	9,30	0,08	3,15	1,54	0,33	2,05	1,10	7,45	19,60	14,70

absorption atomique (Gabriels et al., 1973).

3. Résultats et discussion

3.1. Analyse physique

Au tableau 1 figurent les trois principaux paramètres physiques, à savoir la valeur médiane, la fraction granulométrique de moins de 63 microns et la fraction de plus de 2 mm. Chaque fois sont mentionnés le minimum, le maximum et la moyenne. La valeur médiane est exprimée en unités «phi», elle se situe le plus souvent entre 1 et 2 phi (la zone du sable moyen). Pour DS12, RS3 et RS5, l'addition de boue est si importante dans au moins un échantillon qu'on n'a pu calculer de valeurs médianes.

La teneur en boue, c'est-à-dire la fraction inférieure à 63 microns, peut s'élever jusqu'à plus de 90 p.c. (pour DS12). A cause de sa grande surface spécifique, la boue est un lieu de stockage important pour les métaux, ainsi qu'il apparaîtra dans la suite de ce rapport.

L'addition par mélange à la fraction de plus de 2 mm consiste essentiellement en coquillages ou fragments de coquillages, sauf pour RS2, où elle consiste en gravier. Il faut signaler que les échantillons de sédiments prélevés sur un même lieu d'échantillonnage peuvent avoir une granulométrie fort variable. A titre d'exemple, prenons les cinq échantillons prélevés sur RS3, dont deux étaient riches en boue et trois avaient une consistance plus sableuse.

3.2. Analyse chimique

3.2.1. Matière organique

Le plus souvent, la teneur en matière organique était inférieure à 1 p.c. Les points DS12 et RS5 se détachent de façon importante avec des valeurs moyennes de respectivement 12,6 et 5,8 p.c.. Et ce n'est pas par hasard que ce sont également les points ayant la fraction de boue la plus élevée. On a en effet décelé une très bonne corrélation ($r=0,95$) entre la teneur en matière organique et la teneur en boue, et ce en concordance avec les découvertes de Wartel (1972).

3.2.2. Teneur en carbonates

La teneur moyenne en carbonates,

exprimée en p.c. de Ca CO_3 , variait de 3,5 à 29,8 p.c. Ces carbonates proviennent le plus souvent de fins fragments de coquillages d'une taille semblable à celle des particules de sable. On a trouvé de bonnes corrélations entre la teneur en carbonates et la teneur en boue ($r=0,80$), de même qu'entre la teneur en carbonates et la teneur en matière organique ($r=0,76$).

3.2.3. Teneur en métaux lourds

Une analyse de la teneur en métaux lourds n'a été effectuée que dans les stations de déversement ayant un «input de métaux», c'est-à-dire DS1 à DS6, situées dans les zones où sont déversés les déchets de la production de TiO_2 . Afin de pouvoir comparer le degré de pollution des trois stations côtières (RS3, 4 et 5) avec celui des trois stations plus éloignées de la côte (RS1, 2 et 6) on a également analysé les points de référence quant à leur teneur en métaux lourds.

3.2.3.1. Comparaison de la teneur «totale» en métaux dans l'échantillon global et dans la fraction boueuse

Le tableau 2 indique la répartition et la moyenne de la teneur «totale» en métaux dans les échantillons globaux. Les résultats sont bien comparables à de précédentes observations. (Baeteman et al., 1982). Les tableaux 1 et 2 permettent de déduire l'influence de la teneur en boue sur la teneur en métaux: les stations ayant une haute teneur en boue (DS6, RS3 et RS5) s'avèrent également contenir les plus fortes concentrations en métaux. Sauf peut-être pour le Fe, on constate toujours une bonne corrélation entre la teneur en boue et la teneur en métaux. Les coefficients de corrélation étaient respectivement de 0,97 pour l'Al; 0,56 pour le Fe; 0,99 pour le Zn; 0,97 pour le Pb; 0,97 pour le Ni; 0,97 pour le Cr; 0,91 pour le V et 0,89 pour le Ti. Il en ressort que, étant donné l'influence dominante de la teneur en boue, les teneurs en métaux des échantillons globaux de sédiments ne sont pas comparables entre elles. Les évaluations «totales» ont dès lors été effectuées sur la fraction de boue des échantillons de sédiments. Il ressort du tableau 3 que les teneurs «totales» en métaux sur cette fraction sont moins variables et plus élevées que les résultats

Tableau 2 Distribution et moyenne de la teneur «totale» en métaux dans les sédiments déterminés sur l'échantillon global par extraction à l'aide d'acide nitrique 5M (en mg/kg)

Echan- tillon	Al	Fe	Zn	Pb	Ni	Cr	V	Ti
DS1	690- 855 (743)	1.190- 7.000 (5.160)	4,1- 5,5 (4,4)	1,3- 5,5 (2,7)	3,7- 4,7 (4,1)	2,2- 4,5 (3,4)	3,6- 5,3 (4,3)	31- 45 (38)
DS2	810- 1.000 (874)	1.285- 7.850 (5.395)	5,7- 7,2 (6,2)	1,5- 2,2 (1,9)	4,5- 8,9 (6,7)	3,0- 8,6 (5,1)	3,6- 5,5 (4,8)	38- 51 (43)
DS3	725- 820 (766)	1.330- 7.580 (5.210)	4,3- 5,5 (5,1)	1,0- 2,0 (1,5)	3,1- 4,2 (3,7)	3,5- 3,9 (3,7)	3,6- 5,1 (4,1)	36- 46 (41)
DS4	960- 1.100 (1.030)	3.390- 3.550 (3.465)	14,0- 16,4 (15,2)	5,1- 8,2 (6,6)	2,7- 5,6 (4,2)	5,3- 6,5 (5,9)	9,5-11,2 (10,4)	42- 45 (44)
DS5	1.530- 3.880 (2.420)	3.030- 5.780 (3.990)	14,8- 34,3 (21,7)	7,4-17,0 (11,0)	6,2-11,1 (8,2)	7,0-13,3 (9,2)	8,2-15,3 (11,8)	53-102 (70)
DS6	3.580- 7.960 (5.770)	5.595- 9.000 (7.298)	36,6- 42,5 (39,6)	22,2-33,0 (27,6)	11,1-21,1 (16,1)	12,9-20,0 (16,4)	18,3-25,9 (22,1)	110-177 (143)
RS1	1.440- 2.850 (1.935)	1.990- 2.790 (2.290)	7,4- 14,9 (10,2)	5,2-10,0 (7,1)	3,9-12,3 (7,3)	5,5- 9,0 (7,2)	5,3-10,8 (8,2)	42- 70 (58)
RS2	1.600- 1.750 (1.650)	10.500-12.500 (11.500)	18,6- 21,8 (19,6)	5,8- 7,2 (6,8)	5,8- 7,4 (6,8)	6,9- 7,9 (7,3)	5,6- 6,2 (5,9)	65- 89 (74)
RS3	1.835- 9.790 (4.645)	2.900-11.270 (5.790)	14,5-100 (45,0)	10,5-45,0 (22,3)	8,3-29,0 (15,5)	7,4-26,3 (14,5)	8,0-37,1 (19,0)	60-190 (112)
RS4	1.585- 1.890 (1.720)	2.430-11.540 (5.575)	11,0- 16,1 (13,5)	6,6- 9,1 (8,1)	5,4- 6,8 (6,4)	7,9- 8,0 (8,0)	5,4- 8,8 (7,5)	71- 90 (81)
RS5	9.130-10.780 (9.900)	10.800-11.020 (10.940)	111,0-143 (129)	40,3-58,2 (52,3)	25,6-30,3 (28,0)	26,1-31,1 (28,9)	25,0-33,1 (29,4)	170-180 (175)
RS6	1.020- 3.680 (2.360)	3.560-11.450 (6.370)	12,6- 31,5 (22,8)	6,3-11,3 (10,2)	5,3-11,0 (8,4)	6,5-10,8 (9,0)	5,5-10,6 (8,8)	77- 94 (78)

Tableau 3 Distribution et moyenne de la teneur «totale» en métaux dans les sédiments déterminés sur la fraction de boue (< 63 microns) par une extraction à l'acide nitrique 5M (en mg/kg)

Echan- tillon	Al	Fe	Zn	Pb	Ni	Cr	V	Ti
DS1	5.430-11.640 (8045)	7.050-12.790 (10.212)	320-745 (463)	31- 64 (51)	47-99 (77)	41-61 (54)	46-49 (48)	290-550 (406)
DS2	6.410-17.210 (10.203)	9.070-17.200 (12.956)	338-760 (570)	45- 56 (51)	44-57 (50)	41-66 (51)	48-54 (51)	345-450 (401)
DS3	7.170-16.890 (13.580)	10.060-15.080 (12.973)	428-690 (540)	50- 75 (65)	58-63 (61)	45-75 (55)	40-55 (48)	360-490 (445)
DS4	17.840-22.650 (20.240)	20.720-22.720 (21.720)	193-427 (310)	100-119 (110)	54-71 (63)	47-60 (53)	54-57 (56)	270-376 (323)
DS5	14.870-18.770 (16.840)	17.800-20.200 (18.670)	230-580 (361)	78- 86 (82)	50-57 (53)	48-57 (51)	38-56 (46)	236-315 (271)
DS6	13.620-18.200 (15.910)	16.200-17.300 (16.750)	166-193 (179)	70- 84 (77)	44-47 (45)	40-43 (41)	43-44 (43)	210-215 (213)
RS1	15.400-17.150 (16.530)	14.900-15.200 (15.100)	207-621 (345)	60-105 (76)	45-53 (48)	39-45 (41)	32-54 (41)	200-238 (215)
RS2	16.590-18.700 (17.800)	18.700-20.900 (19.800)	310-355 (330)	65- 74 (69)	56-60 (58)	34-38 (36)	46-54 (50)	160-180 (170)
RS3	12.390-15.420 (13.520)	14.900-16.800 (16.110)	180-290 (235)	64- 95 (77)	40-47 (43)	38-44 (40)	30-55 (37)	100-215 (166)
RS4	13.860-23.170 (19.400)	15.370-19.910 (18.060)	260-330 (285)	80-147 (104)	42-53 (47)	42-54 (47)	39-44 (42)	200-261 (228)
RS5	8.710-11.800 (10.730)	10.480-11.960 (11.350)	130-235 (177)	43- 89 (68)	29-42 (36)	27-44 (36)	23-36 (30)	141-169 (155)
RS6	13.320-18.500 (16.760)	16.250-18.100 (17.310)	124-621 (321)	66-126 (90)	46-57 (53)	41-46 (44)	42-54 (49)	200-292 (251)

Tableau 4 Comparaison de la teneur «totale» en métaux moyenne dans les stations de déversement et dans les stations de référence

Métaux	Echantillons globaux			Fraction de boue (< 63 microns)		
	Stations de déversement (a) ppm	Stations de référence (b) ppm	Rapport $\frac{a}{b}$	Stations de déversement (a') ppm	Stations de référence (b') ppm	Rapport $\frac{a'}{b'}$
Al	1.933	3.701	0,52	14.136	15.790	0,90
Fe	5.086	7.077	0,72	15.546	16290	0,95
Zn	15,4	40,0	0,39	403	282	1,43
Pb	8,6	17,8	0,48	73	81	0,90
Ni	7,2	12,1	0,60	58	48	1,21
Cr	7,3	12,5	0,58	51	41	1,24
V	9,5	13,1	0,73	49	42	1,17
Ti	63,0	96,0	0,66	343	198	1,73

portant sur les échantillons globaux (tableau 2). On peut également constater que la fraction de boue des stations côtières RS3, 4 et 5 n'ont pas de teneurs plus élevées que les points RS1, 2 et 6 plus éloignées de la côte, ce qui indique un «degré de pollution» analogue. En comparant les teneurs moyennes en métaux des stations de déversement à celles des points de référence, il n'est dès lors pas nécessaire de faire une distinction entre les deux.

3.2.3.2. Comparaison de la teneur «totale» en métaux dans les stations de déversement et dans les stations de référence

En ce qui concerne les échantillons globaux, on peut déduire du tableau 4 que les résultats relatifs aux points de référence sont les plus élevés. Ceci n'est nullement une conséquence d'un plus haut degré de pollution, c'est dû uniquement à la plus grande part de la fraction de boue dans les échantillons de référence (en moyenne 19,8 p.c. contre 5,2 p.c. pour les points de déversement). Comme on l'a déjà commenté, on peut éliminer la variable «répartition selon la taille des particules» par l'analyse de la fraction de boue, ce qui rend alors possible une comparaison (tableau 4, partie droite). La plupart des métaux sont présents en concentrations similaires. Par rapport aux stations de référence, les fractions de boue des zones de déversement sont plus riches en Zn et en

Ti (resp. un facteur plus élevé de 1,43 et 1,73). On peut probablement attribuer cette différence aux activités de déversement. Cependant, des influences géochimiques et géophysiques telles que les teneurs naturelles en métaux ou la composition minérale de la fraction de boue en elle-même ne sont pas exclues non plus. De nouveaux examens s'imposent pour y trouver une explication.

3.2.3.3. La fraction métallique «biologiquement disponible» comparée à la teneur «totale»

La teneur en métaux «biologiquement disponible» de l'échantillon global s'obtient après extraction au moyen de 25 p.c. d'acide acétique. Le tableau 5 donne la répartition et la moyenne des valeurs trouvées. Toutes les teneurs en Ti étaient inférieures à la limite de détection et ne figurent donc pas au tableau. Dans le tableau 6 est calculée la part de la fraction «biologiquement disponible» sur la teneur «totale» en métaux. Dans les zones de déversement, cette part varie de 2,7 p.c. (Al) à 76,4 p.c. (Ni). Davies (1982) a obtenu des résultats analogues, sauf pour le Ni, où il avait trouvé une part de 20 p.c.

Une constatation marquante est que la part de la fraction «disponible» est assez analogue aussi bien dans les zones de déversement que dans les zones de référence, et pour chaque élément. Ce qui indiquerait que l'«input» de métaux lourds dans les zones de déversement

Tableau 5 Distribution et moyenne de la teneur en métaux «biologiquement disponible» dans l'échantillon global de sédiments après extraction à l'acide acétique 25 p.c. (en mg/kg)

Echantillon	Al	Fe	Zn	Pb	Ni	Cr	V
DS1	28- 52 (40)	97- 155 (129)	0,9- 3,3 (1,6)	1,1- 1,6 (1,3)	2,6- 3,9 (3,1)	0,8- 1,4 (1,1)	2,0- 4,5 (2,2)
DS2	36- 58 (48)	122- 190 (158)	0,6- 1,9 (1,4)	1,2- 2,1 (1,6)	3,1- 4,4 (3,7)	0,6- 1,5 (1,1)	2,0- 3,0 (1,5)
DS3	53- 55 (54)	133- 169 (149)	1,6- 1,8 (1,7)	0,8- 1,2 (1,0)	2,9- 9,8 (5,3)	0,9- 1,1 (1,0)	1,5- 3,6 (2,5)
DS4	23- 70 (46)	270- 295 (285)	4,1- 5,7 (4,9)	3,7- 5,9 (4,8)	4,6- 5,5 (5,0)	1,7- 2,3 (2,0)	4,2- 8,4 (6,2)
DS5	31- 58 (42)	320- 725 (460)	4,6-12,6 (7,5)	5,1-11,0 (7,3)	5,4- 6,6 (6,2)	2,8- 4,9 (3,5)	2,6-11,8 (7,5)
DS6	82- 98 (90)	865-1.330 (1.090)	20,0-28,5 (24,2)	16,0-21,8 (18,9)	8,2-11,0 (9,8)	5,5- 9,2 (7,4)	14,1-19,2 (16,6)
RS1	26- 78 (55)	200- 440 (300)	2,0- 5,3 (3,3)	3,6- 7,1 (5,0)	5,0- 8,1 (6,1)	2,6- 4,5 (3,3)	2,5-10,5 (6,5)
RS2	40- 48 (43)	250- 276 (265)	5,1- 6,2 (5,6)	5,1- 6,3 (5,8)	5,6- 6,4 (5,9)	2,4- 3,4 (2,8)	6,5- 9,4 (7,6)
RS3	35-111 (62)	505-1.915 (985)	5,5-39,0 (17,0)	6,8-30,0 (14,9)	6,5-12,6 (8,7)	3,6-12,0 (6,6)	4,1-15,5 (9,0)
RS4	17- 49 (30)	390- 440 (420)	4,0- 4,6 (4,3)	5,1- 6,3 (5,8)	6,3- 6,9 (6,5)	3,1- 3,8 (3,4)	3,3- 8,7 (5,5)
RS5	88-118 (107)	1.895-2.465 (2.100)	44,4-63,8 (57,0)	25,9-40,2 (35,1)	12,0-16,0 (14,0)	11,6-16,3 (14,5)	15,5-20,1 (17,5)
RS6	28- 70 (55)	351- 785 (605)	7,4-12,7 (9,8)	4,6-10,2 (7,6)	5,1- 7,5 (6,5)	2,4- 5,0 (4,0)	3,5-12,0 (7,8)

Tableau 6 Comparaison entre les deux procédés d'extraction et part de la teneur en métaux «biologiquement disponible» par rapport à la «teneur totale» en métaux

	Moyenne pour les stations de déversement (échantillon global)			Moyenne pour les stations de référence (échantillon global)		
	teneur «totale» en métaux ppm (1)	teneur en métaux «biologiquement disponible» ppm (2)	P.c. fraction «biologiquement disponible» (3)	teneur «totale» en métaux ppm (1)	teneur en métaux «biologiquement disponible» ppm (2)	P.c. Fraction «biologiquement disponible» (3)
Al	1.933	53	2,7	3.701	59	1,6
Fe	5.086	378	7,4	7.077	779	11,0
Zn	15,4	6,9	44,8	40,0	16,2	40,5
Pb	8,6	5,8	67,4	17,8	12,4	69,6
Ni	7,2	5,5	76,4	12,1	7,9	65,3
Cr	7,3	2,7	36,9	12,5	5,8	46,4
V	9,5	6,1	64,2	13,1	8,9	67,9

(1) après extraction avec 5M HNO₃

(2) après extraction avec 25 p.c. HAc

(3) exprimé sur la teneur «totale» en métaux

n'entraîne pas d'augmentation de la fraction de métaux «biologiquement disponible».

Conclusions

Il ressort de la distribution selon la taille des particules que le sable moyen constitue la fraction la plus importante. La teneur en matière organique est en bonne corrélation ($r=0,95$) avec la teneur en boue (fraction de moins de 63 microns). Sauf pour le Fe, la fraction de boue est également en bonne corrélation avec la teneur en métaux. Les coefficients de corrélation étaient respectivement de 0,97 pour l'Al; 0,56 pour le Fe; 0,99 pour le Zn; 0,97 pour le Pb, le Ni et le Cr; 0,91 pour le V et 0,89 pour le Ti. Ces coefficients font ressortir l'importance de cette fraction en tant que lieu d'adsorption pour les métaux.

Afin de comparer entre elles les teneurs en métaux de différents échantillons de sédiments, il faut analyser la fraction de boue. De cette manière, on élimine l'influence de la distribution selon la taille des particules. C'est ce qu'on a fait pour les lieux de déversement des déchets de la production de TiO₂ et pour les points de référence. Hormis le Zn et le Ti, les autres concentrations en métaux étaient assez analogues. Dans les zones de déversement, la concentration moyenne était de 403

ppm pour le Zn et de 343 ppm pour le Ti, contre respectivement 282 et 198 ppm dans les zones de référence.

La part de la fraction de métaux «biologiquement disponible» par rapport à la teneur «totale» variait dans les zones de déversement de 2,7 p.c. pour l'Al à 76,4 p.c. pour le Ni. Dans les zones de référence, on a trouvé des valeurs analogues, ce qui indiquerait que les activités de déversement n'entraînent pas une augmentation de la fraction de métaux «biologiquement disponible».

(Traduit du néerlandais)

Remerciements

Les échantillonnages ont été réalisés à l'aide de navires mis à notre disposition par le «Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde Estuarium» (Ministère de la Santé Publique).

Summary

During 1981 marine sediments were sampled in the four dumping grounds for industrial waste, situated in the Belgian coastal area. The results of the physico-chemical analyses are discussed in this report.

Special attention was paid to the analysis of heavy metals. The extraction procedure with 5M nitric acid («total» metal content) was compared to the extraction with 25 % acetic acid («bioavailable» metal content). The metal analysis was carried out on both the total sample and the silt fraction. The last being more significant because it limits the influence of the grain size distribution on the result, improving in this way the intercomparability of the results.

Bibliographie

ANDRULEWICZ, E., PORTMANN, J. 1975. Determination of metal content of sediments in relation to dumping and its charge control. Fisheries Improvement Committee. ICES CM 1975/E:2.

BAETEMAN, M., GABRIELS, R. 1978. Fysico-chemisch onderzoek van de lozingsgebieden voor afvalstoffen afkomstig van de Belgische TiO₂ — productie in 1976. Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij. Publikatie nr 151.

BAETEMAN M., GABRIELS, R., GUNS, M. 1982. Fysico-chemisch onderzoek van de lozingsgebieden voor afvalstoffen afkomstig van de Belgische TiO₂-productie in de periode 1976-1980. Medelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij. Publikatie nr 185.

DAVIES, I., 1982. Measurements of metals in sediments from the Firth of Forth. Ices. CM 1982/E:43.

GABRIELS, R. 1973. Analysis of horticultural crops, soil mixes and irrigation waters by flame emission and atomic absorption spectrometry 4th Int. Conf. on Atomic Spectroscopy and 20th Canadian Spectroscopy Symposium. Toronto.

GABRIELS, R., VAN KEIRSBULCK, W., ENGELS E. 1981. Spectrofluorimetric determination of aluminium in plants, soils and irrigation waters. Laboratory Practice 30 (2) 122-123.

GABRIELS, R., VAN KEIRSBULCK, W., ENGELS, E. 1983. Spectrophotometric determination of titanium in plants, soils and irrigation waters. Laboratory Practice, in print.

ICES 1982. Report of the second meeting of the Working Group on marine sediments in relation to pollution. ICES CM 1982/E:6.

LORING, D., RANTALA, R. 1977. Geochemical Analyses of Marine Sediments and Suspended Particulate Matter. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences nr 700.

LORING, D. 1981. Potential bioavailability of metals in Eastern Canadian estuarine and coastal sediments. Rapp. P.v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer. 181:93 - 101.

SKEI J. 1982. Pollutants in marine sediments. A review of Norwegian investigations. JMG 8/5/4-E.

VANDAMME K. 1982. Fysico-chemisch onderzoek van het sediment in de twee zandwinningsgebieden langs de Belgische kust. Mededelingen van het Rijksstation voor Zeevisserij — Publikatie nr 186.

WARTEL S. 1972. Sedimentologisch onderzoek van de opbouw van het Schelde Estuarium. Proefschrift KUL.