

C.I.P.S.

TECHNICAL REPORT

1974/04 CHIM.03

MODELE MATHEMATIQUE DE LA
POLLUTION EN MER DU NORD.

This paper not to be cited without prior reference to the author.

RESULTATS D'ANALYSES DES EAUX, DES MATIERES EN SUSPENSION
ET DES SEDIMENTS PRELEVES SUR UN PROFIL LONGITUDINAL DE
L'ESCAUT DURANT LA CAMPAGNE D'AVRIL 1974.

REPARTITION DES METAUX LOURDS DANS DIFFERENTS CONSTITUANTS
DES SEDIMENTS ET DES MATIERES EN SUSPENSION DE L'ESCAUT.

par M. HOENIG

Laboratoire de Chimie Industrielle
Service Environnement

Dir. Prof.R. WOLLAST
Université Libre de Bruxelles.

RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX, DES MATIERES EN SUSPENSION ET
DES SEDIMENTS PRELEVES SUR UN PROFIL LONGITUDINAL DE L'ESCAUT
DURANT LA CAMPAGNE D'AVRIL 1974.

1. Points de prélèvements.

n°	km de l'embouchure	lieu
1	2	BRESKENS
4	20	TERNEUZEN
5	25	EENDRACHT POLDER
7	35	HANSWEERT
9	43	BAALHOEK
11	51	BATH
13	58	ZANDVLIET
15	62	DOEL
18	69	FORT DE PAREL
20	74	BOOMKE
22	79	ANVERS (St ANNE)
25	85	KRUIBEKE
28	92	RUPELMONDE
30	98	TEMSE

2. Mode de prélèvements.

Les matières en suspension, les eaux et les sédiments analysés ont été prélevés simultanément ; les sédiments à l'aide d'un mud-snapper et les matières en suspension ont été recueillies par centrifugation durant une demi-heure environ (centrifugeuse Alfa-Laval).

3. Conservation et préparation des échantillons.

Les eaux ont été filtrées (millipore 0.8 μ) après prélèvement pour l'élimination des matières en suspension et la mesure de turbidité (tab.3), acidifiées à 1% HNO₃ et deep-freezées pour écarter la possibilité d'adsorption d'éléments sur les parois des récipients.

Les matières en suspension et les sédiments ont été séchés à 110°C avant les analyses, sauf pour la mesure du mercure dans les matières en suspension (analyse sur la matière brute).

4. Détermination de la matière organique et des pertes au feu à 550° et à 550°-1000°C dans les matières en suspension.

(cf. Rapports C.I.P.S. 1971-72)

Résultats tab.1, fig.1.

5. Courbe de salinité (conductivimètre ECR) tab.2.

6. Analyse des métaux lourds dans les eaux (tab.3).

Spectrophotomètre d'absorption atomique Perkin-Elmer 300S à flamme (Mn) ou avec four à graphite HGA 74 (Zn, Cu, Pb).

7. Analyse des métaux lourds dans les sédiments (tab.4)

Attaque du sédiment par eau régale, dilution et analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique.

8. Analyse des métaux lourds dans les matières en suspension
tab.5, fig.1bis.

9. Etablissement de matrices de corrélation entre éléments analysés (tab.6) et entre points de prélèvements (tab.7) pour les matières en suspension.

10. Analyse granulométrique de cinq matières en suspension (points 4, 9, 15, 22 et 30)(tab.8).

Ces courbes granulométriques ont été établies à l'aide d'un élutriateur centrifugeur à air BAHCO (fig.3 et 4).

11. Pertes au feu à 550° et à 550°-1000°C et analyses des métaux lourds dans les fractions granulométriques.

tab.9 et 10, fig.3 et 4.

Déterminations de la matière organique et des pertes au feu à 550° et à 550°-1000°C dans les matières en suspension.

Tab.1

Point n°	mat.org. (%)	Pertes au feu (%)	
		550°	550°-1000°
1	12.87	13.22	11.00
4	12.24	13.51	9.37
5	11.91	10.95	10.58
7	10.52	15.64	5.13
9	10.75	9.89	5.71
11	17.52	17.08	5.81
13	11.69	16.88	3.29
15	12.17	18.66	2.10
18	16.73	17.51	2.50
20	13.69	15.15	1.06
22	15.69	17.57	2.95
25	13.02	14.18	1.44
28	13.89	14.61	2.50
30	18.15	17.62	1.57

Salinités avril 1974

Tab.2

km	g Cl ⁻ /l	km	g Cl ⁻ /l
5	10.88	55	3.30
10	10.51	60	2.33
15	10.06	65	1.50
20	9.53	70	.86
25	8.89	75	.42
30	8.16	80	.27
35	7.32	85	.19
40	6.39	90	.13
45	5.38	95	.09
50	4.33	100	.07

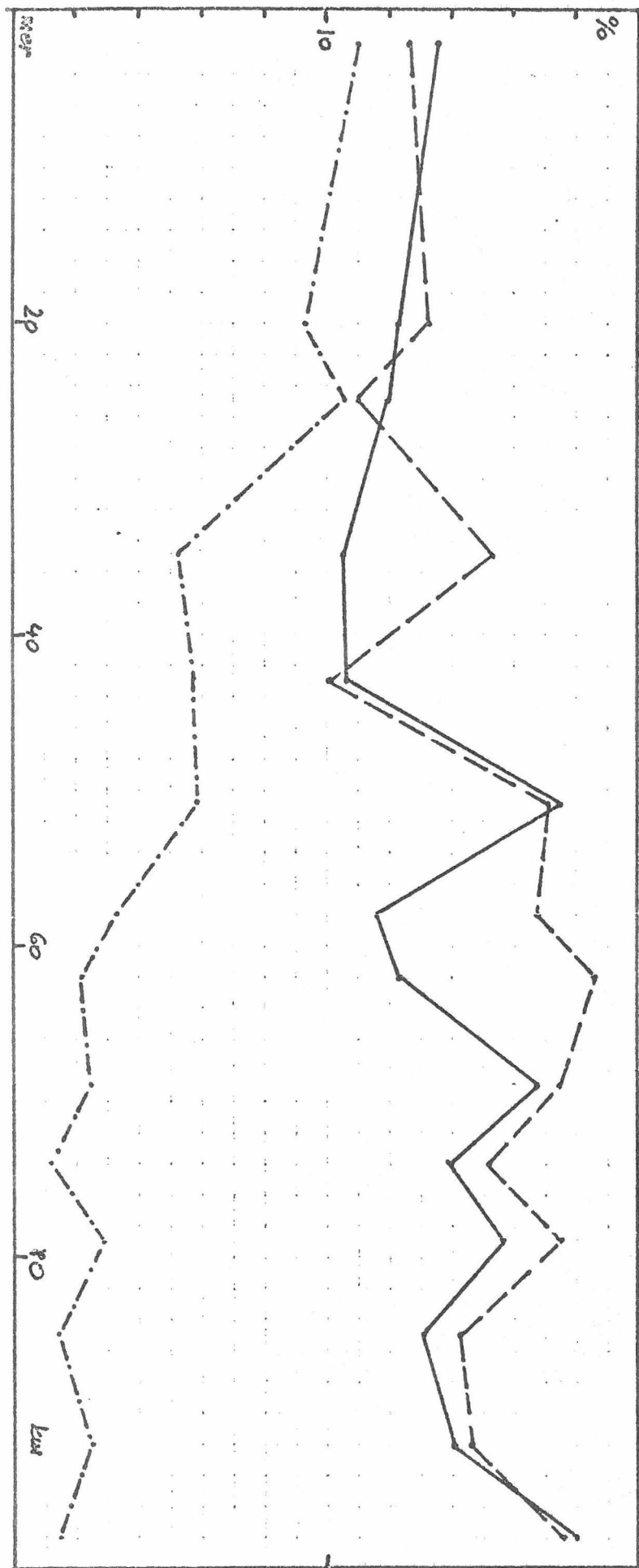


fig. 1.

Détermination de la matière organique et des pertes au feu à 550° et 550°-1000° dans les matières en suspension.

— matière organique
 --- perte au feu à 550°
 - · - · - perte au feu à 550°-1000°

Analyse des métaux lourds dans les eaux.Tab.3

Point	Turbidité (mg/l)	métaux lourds (ppb)			
		Mn	Zn	Cu	Pb
1	75	26.4	23.5	40.0	18.5
4	51	11.2	13.0	47.1	20.0
5	53	9.6	12.0	21.3	20.8
7	106	16.8	14.5	16.9	18.5
9	53	12.6	12.5	20.3	38.5
11	34	19.5	26.5	22.2	26.2
13	113	58.9	12.0	16.9	40.0
15	272	68.0	17.5	16.9	24.6
18	60	110	9.0	14.2	8.9
20	250	130	15.0	12.0	9.5
22	72	133	15.3	10.0	10.5
25	78	147	18.8	13.8	29.7
28	248	136	15.0	13.8	30.8
30	94	133	17.3	18.2	24.0

Analyse des métaux lourds dans les sédiments.Tab.4

Point	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Fe (%)	Cr (ppm)
1	109	37.3	94.4	7.45	0.42	8.7
4	190	76.3	12.31	14.8	0.87	14.8
5	47.4	44.9	7.49	7.49	0.77	7.5
7	1019	260	39.7	109	2.21	66.9
9	59.0	34.4	7.38	7.38	0.53	4.9
11	74.9	42.5	5.00	7.50	0.69	7.5
13	266	231	67.2	57.2	1.19	44.8
15	984	99.6	24.3	31.6	2.54	21.9
18	666	990	168	267	2.92	182
20	786	741	74.8	244	1.84	45
22	504	863	107	749	3.07	90
25	119	86.9	29.8	14.9	2.14	22.3
28	261	808	117	139	1.76	149
30	427	1074	146	373	1.65	546

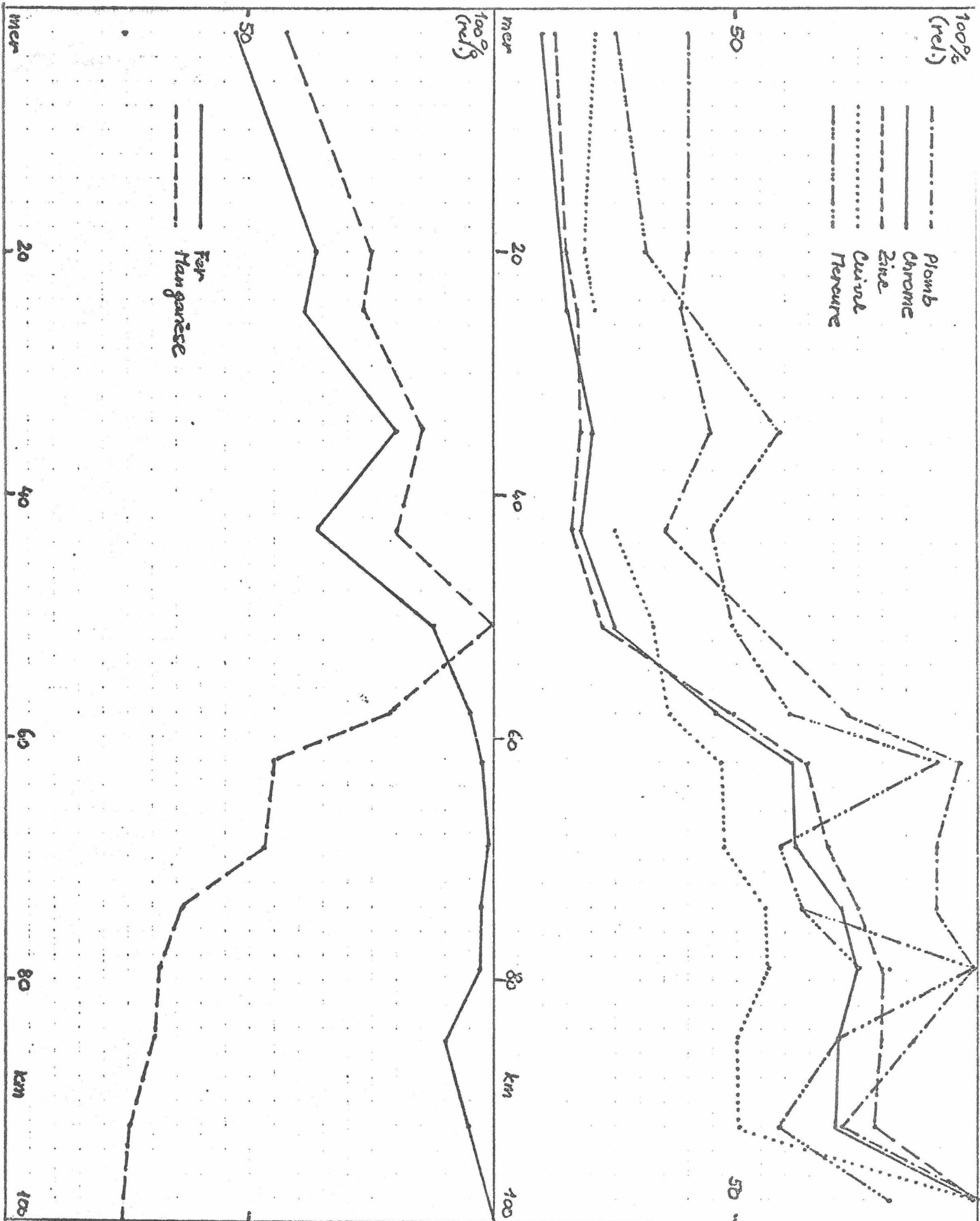


fig. 1bis.

analyse des métaux lourds dans les matières en suspension.

Analyse des métaux lourds dans les matières en suspension.
(teneur exprimée pour le solide)

Tab.5

Point	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Fe (%)	Cr (ppm)	Hg (ppb)
1	978	205	97.8	122	1.73	44.0	324
4	1234	222	80.5	122	2.25	58.5	387
5	1202	228	96.2	118	2.18	64.9	499
7	1446	288	-	139	2.82	89.3	749
9	1372	258	112	110	2.28	75.4	574
11	1719	362	148	170	3.10	109	621
13	1346	797	162	223	3.35	177	772
15	963	1046	206	299	3.47	272	1157
18	909	1107	208	280	3.50	275	749
20	621	1212	248	281	3.44	313	798
22	552	1290	252	305	3.46	330	1269
25	533	1263	218	246	3.20	309	900
28	435	1186	221	221	3.36	313	745
30	429	1609	441	300	3.54	439	1039

Matrice de corrélation entre éléments analysés (14 points).
(matières en suspension)

Tab.6

	PF 550	PF 550-1000	Mn	Zn	Cu	Pb	Fe	Cr
Mat.org.	0.53	-0.36	-0.39	0.58	0.34	0.54	0.49	0.62
PF à 550°		-0.61	-0.21	0.60	0.47	0.77	0.79	0.59
PF à 550-1000°			0.54	-0.87	-0.53	-0.85	-0.93	-0.86
Mn				-0.83	-0.30	-0.68	-0.45	-0.83
Zn					0.46	0.93	0.85	0.99
Cu						0.42	0.51	0.51
Pb							0.90	0.93
Fe								0.85
Cr								-

Matrice de corrélation entre points de prélèvements (analyses de 9 paramètres).
(matières en suspension)

Tab.7

1	4	5	7	9	11	13	15	18	20	22	25	28	30
1	.94	.95	.20	.72	.20	-.40	-.55	-.20	-.87	-.71	-.76	-.69	-.60
4		.97	.23	.81	.41	-.24	-.40	-.26	-.95	-.83	-.87	-.80	-.70
5			.23	.86	.39	-.30	-.45	-.26	-.95	-.76	-.88	-.78	-.67
7				.35	-.03	-.07	-.28	-.33	-.47	-.58	-.53	-.53	-.19
9					.45	-.35	-.47	-.26	-.89	-.65	-.87	-.76	-.42
11						.49	.02	-.64	-.41	-.31	-.42	-.30	-.36
13							.54	-.46	.25	.16	.10	.16	-.07
15								.46	.45	.28	.41	.53	.13
18									.33	.24	.42	.43	.24
20										.89	.96	.89	.72
22											.84	.85	.79
25												.94	.70
28													.76
30													

Analyse granulométrique de quatre matières en suspension.

Tab.8

Point	Dimensions grains (μ)							
	0-2.5 %	2.5-4 %	4-6.5 %	6.5-11 %	11-20 %	20-32 %	32-40 %	40-75 %
4	12.3	18.3	18.5	18.5	13.0	10.7	3.8	4.9
9	11.1	15.2	20.7	17.2	12.0	10.4	3.8	9.6
22	11.1	13.9	19.0	18.5	13.8	12.6	4.4	6.7
30	10.2	13.2	15.4	15.4	13.0	16.6	5.8	10.2

Pertes au feu à 550° et 550°-1000° et analyse des métaux lourds dans les fractions granulométriques.

Tab.9
Point 4 (Terneuzen)

fraction (μ)	PF 550° (%)	PF 550°- 1000° (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Fe (%)	Cr (ppm)
0 - 2.5	15.86	9.85	1293	344	112	511	2.51	65.5
2.5 - 4	11.81	10.03	1382	316	114	565	2.55	59.6
4 - 6.5	11.06	13.32	1466	302	96	527	2.39	53.0
6.5 - 11	13.15	10.22	1489	234	94	522	2.26	55.3
11 - 20	16.17	6.80	1195	223	99	477	2.14	46.6
20 - 32	15.00	9.12	1187	273	103	485	1.86	51.2
32 - 40	10.16	13.65	1091	369	129	510	1.82	47.4
40 - 75	10.47	9.98	772	361	131	590	1.32	35.6

Point 22 (Anvers)

fraction (μ)	PF 550° (%)	PF 550°- 1000° (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Fe (%)	Cr (ppm)
0 - 2.5	18.02	4.96	674	1541	432	1092	5.01	418
2.5 - 4	16.40	4.81	602	1173	365	737	4.33	341
4 - 6.5	14.70	6.14	658	1230	305	967	4.67	355
6.5 - 11	15.31	4.82	631	1160	290	810	4.58	317
11 - 20	16.36	3.25	609	1086	278	797	3.98	314
20 - 32	15.69	3.51	507	1154	270	680	3.64	202
32 - 40	13.67	4.82	509	1111	307	873	3.45	305
40 - 75	11.64	2.82	393	1021	259	790	2.91	232

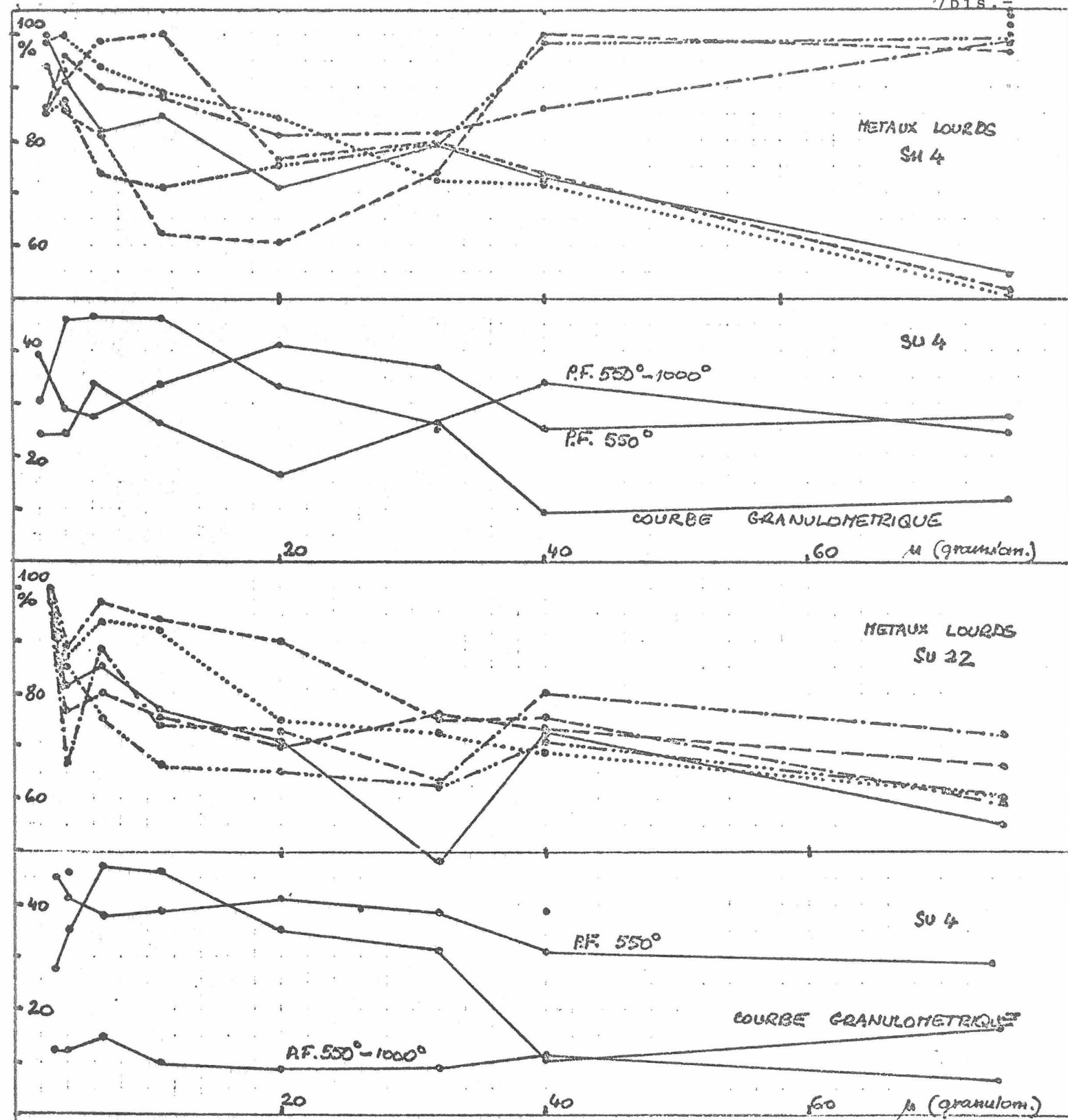


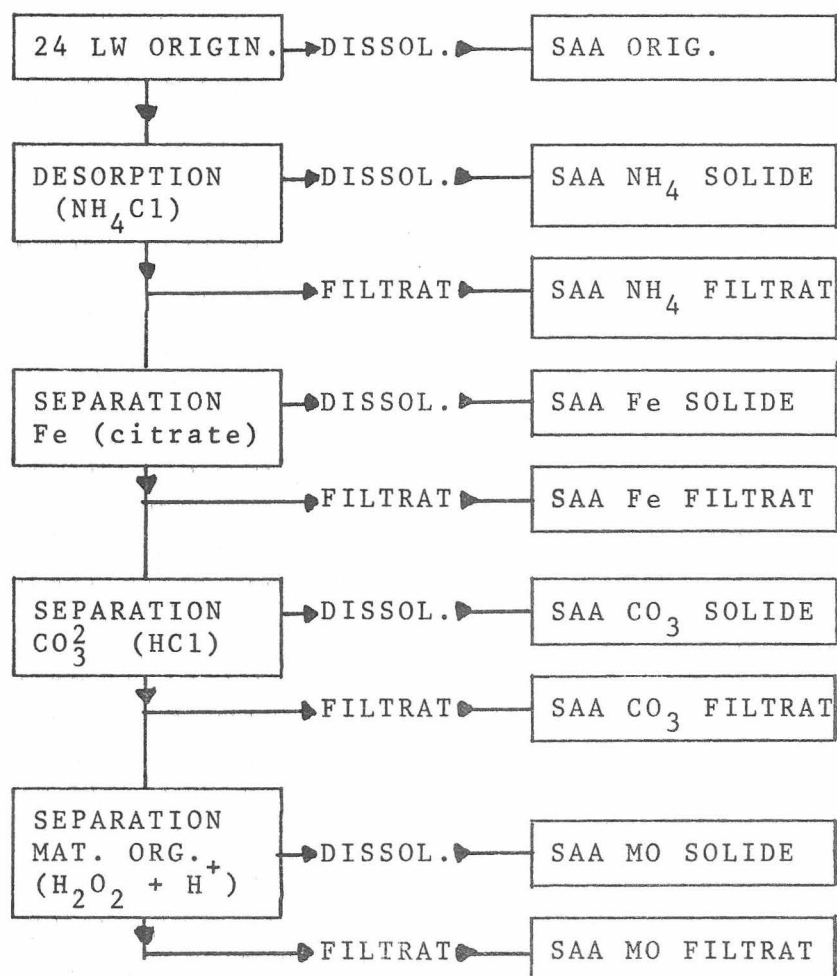
Fig. 3 et 4 : Courbes granulométriques, pertes au feu à 550° et 550 à 1000° et analyse des métaux lourds dans les fractions granulométriques.

Les teneurs en métaux lourds sont ramené à 100 (% relatifs)

Pb	-----
Cr	————
Fe
Zn	-----
Pb	-----
Cu

Répartition des métaux lourds dans différentes fractions chimiques des sédiments et des matières en suspension de l'Escaut.

① Pour débiter ces travaux, nous avons choisi un échantillon assez chargé en métaux lourds pour faciliter les analyses. Un sédiment de la région d'Anvers semblait le mieux indiqué (24LW). D'après des analyses préalables faites par fluorescence des rayons X, cet échantillon présente environ 600 ppm de zinc, 150 ppm de plomb, 100 ppm de cuivre et 300 ppm de manganèse. Nous avons imaginé des séparations sélectives de certains constituants du sédiment en les analysant par après ; ceci nous permettait de déduire auquel constituant sont attribués les métaux lourds présents. Les constituants les plus importants auxquels peuvent être rattachés les métaux lourds sont les matières organiques, les carbonates et les composés de fer, sans omettre la possibilité d'adsorption des métaux présents au départ en solution dans les eaux interstitielles sur la surface du sédiment d'origine. Ces travaux ont été répartis selon le schéma suivant :



Explication : SAA - Spectrophotométrie d'absorption atomique.
Chaque séparation consiste à une dissolution partielle, l'élimination d'un constituant qui se trouvera donc dans la partie liquide (FILTRAT), la partie solide contenant le reste des constituants (SOLIDE).

Mode opératoire des séparations.

- Désorption avec NH_4Cl - mise en suspension dans NH_4Cl - 1N.
- Séparation des oxydes de fer libres (1-N NH_4OAc) - Methods of soils analysis, Part 2, American Society of Agronomy 1965.
- Séparation des carbonates (HCl 0.5N) - Methods of soils analysis.
- Séparation de la matière organique (H_2O_2 à chaud, milieu légèrement acide).

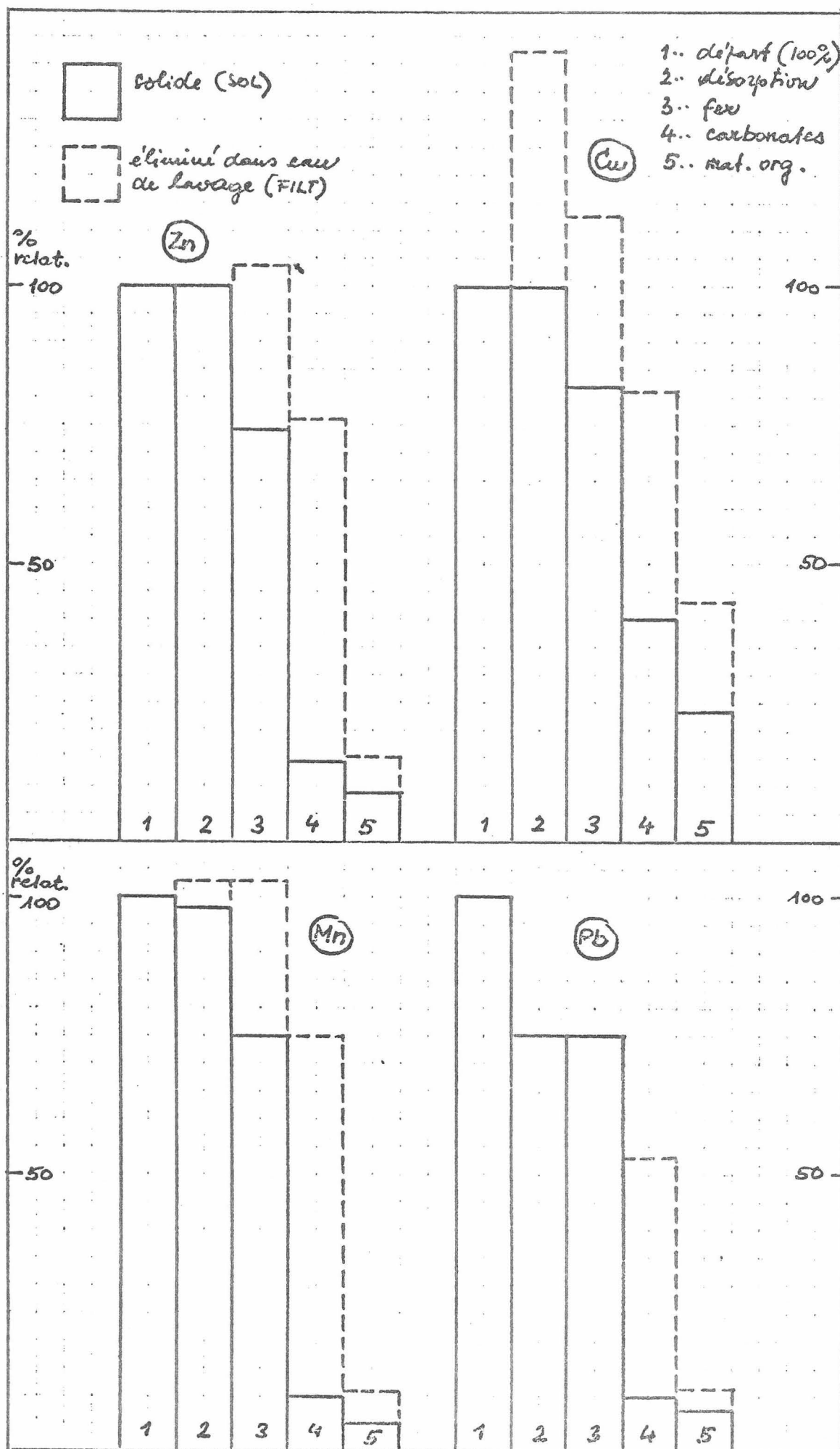
Résultats (fig.5)

Echantillon	Plomb		Cuivre		Manganèse		Zinc	
	ppm	%reste	ppm	%reste	ppm	%reste	ppm	%reste
ORIG.	330	100	143	100	658	100	775	100
NH_4 SOLIDE	250	75	143	100	635	96.5	775	100
NH_4 FILTRAT	0	0	61	42.7	41	6.2	0	0
Fe^{4+} SOLIDE	250	75	118	82.5	488	74.2	568	73.3
Fe FILTRAT	0	0	45	31.5	192	29.2	238	30.7
CO_3 SOLIDE	30	9.1	58	40.6	63	9.6	108	13.9
CO_3 FILTRAT	146	44.2	57	40.5	430	65.3	485	62.6
MO^3 SOLIDE	25	7.6	33	23.1	33	5.0	60	7.7
MO FILTRAT	12	3.8	29	20.3	37	5.6	60	7.7

Elément	% de métal éliminé avec :					
	NH_4Cl (désorp.)	oxydes de fer libres	carbo- nates	matière organique	reste lié	total (%)
Plomb	-	-	58	5	10	73
Cuivre	-	31	40	20	23	114
Manganèse	6	29	65	5	5	110
Zinc	-	30	62	7	7	106

fig. 5 Echantillon 24 LW

9bis.-



Discussion.

Adsorption : il n'y a aucune adsorption de zinc et de cuivre sur les particules du sédiment. Par contre, on observe une diminution de 5% en teneur en manganèse et de 25% en plomb. Nous pouvons donc suggérer que la totalité du zinc et du cuivre est liée chimiquement ainsi que la majorité du manganèse. La teneur élevée en cuivre dans l'eau de lavage peut être expliquée par une contamination extérieure possible due à une grande quantité de solution de NH_4Cl . Dans l'interprétation des résultats du plomb, il faut être prudent vu l'état de la lampe à cathode cruse de l'appareillage qui augmentait considérablement le fond continu et était donc capable de fausser les mesures.

Oxydes de fer libres : perte d'environ 25% de zinc et de manganèse. La teneur en cuivre diminue de 18%, tandis que la teneur en plomb reste inchangée. Une partie du cuivre et surtout de zinc et de manganèse serait donc étroitement liée aux oxydes de fer libres.

Carbonates : cette étape doit être prise en considération avec prudence, car les carbonates ont été séparés à l'acide chlorhydrique. Cet acide est susceptible d'entraîner une attaque plus ou moins importante à d'autres composés encore présents dans le sédiment. Nous pouvons tout de même observer un comportement différent du cuivre ; une diminution de 40% (60% pour les trois autres éléments).

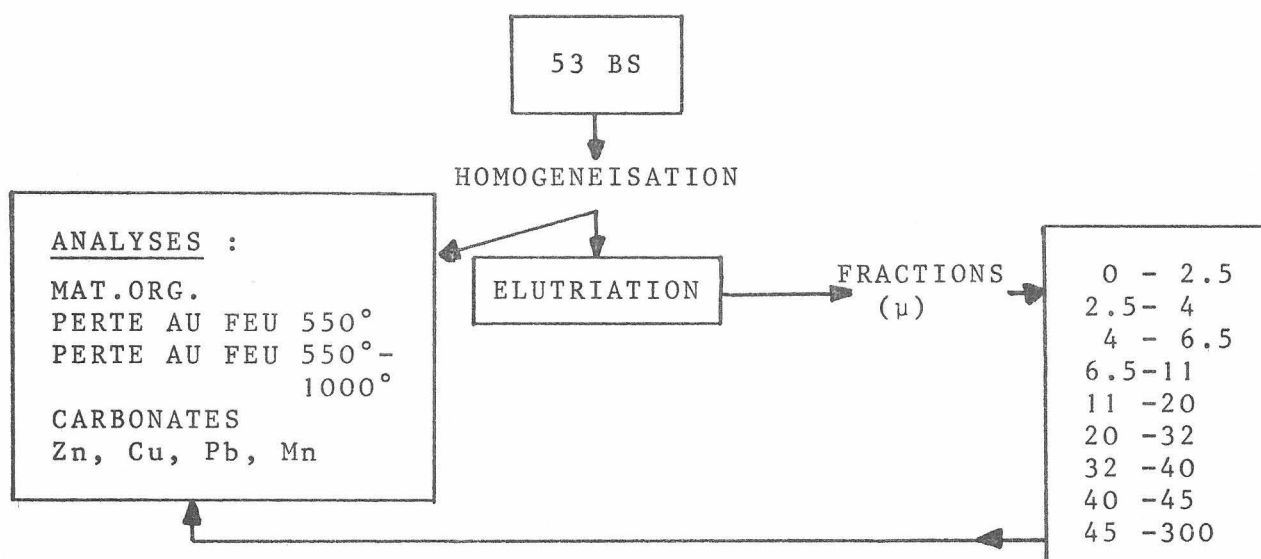
Matière organique : la diminution de teneur en zinc, manganèse et plomb varie entre 5 et 8%, tandis que le cuivre se comporte à nouveau différemment avec sa perte de 20% environ.

Résidu : la teneur en manganèse, en plomb et en zinc dans cette fraction se situe entre 5 et 10%. Une plus grande partie du cuivre reste liée à cette fraction : 23%.

② Echantillon 53 BS (Belgische Sluis, bouée 95).

Pour poursuivre le but des travaux entamés par le fractionnement de l'échantillon 24LW, nous avons jugé utile de procéder à un fractionnement granulométrique précis, une élutriation complète. Dans toutes les fractions obtenues, ainsi que dans le sédiment d'origine, analyser les teneurs en matières organiques, en carbonates et les teneurs en métaux lourds.

Ce travail a été poursuivi selon le schéma suivant :



La granulométrie des fractions a été calculée pour une densité moyenne de 2.5. Les résultats de l'élutriation sont repris dans le tableau et dans la fig.2.

granulométrie (μ)	quantité récupérée (g)	%	% cumulés
0 - 2.5	2.77	1.98	1.98
2.5 - 4	4.88	3.49	5.47
4 - 6.5	7.48	5.34	10.81
6.5 - 11	8.36	5.97	16.78
11 - 20	8.79	6.28	23.06
20 - 32	18.36	13.11	36.17
32 - 40	8.09	5.78	41.95
40 - 45	5.07	3.61	45.57
45 - 300	75.66	54.00	99.57
(reste)			

Analyse des fractions granulométriques.

1. Pertes au feu à 550° et à 550°-1000° (%)

Matières organiques (%)

Carbonates (%)

fig.6

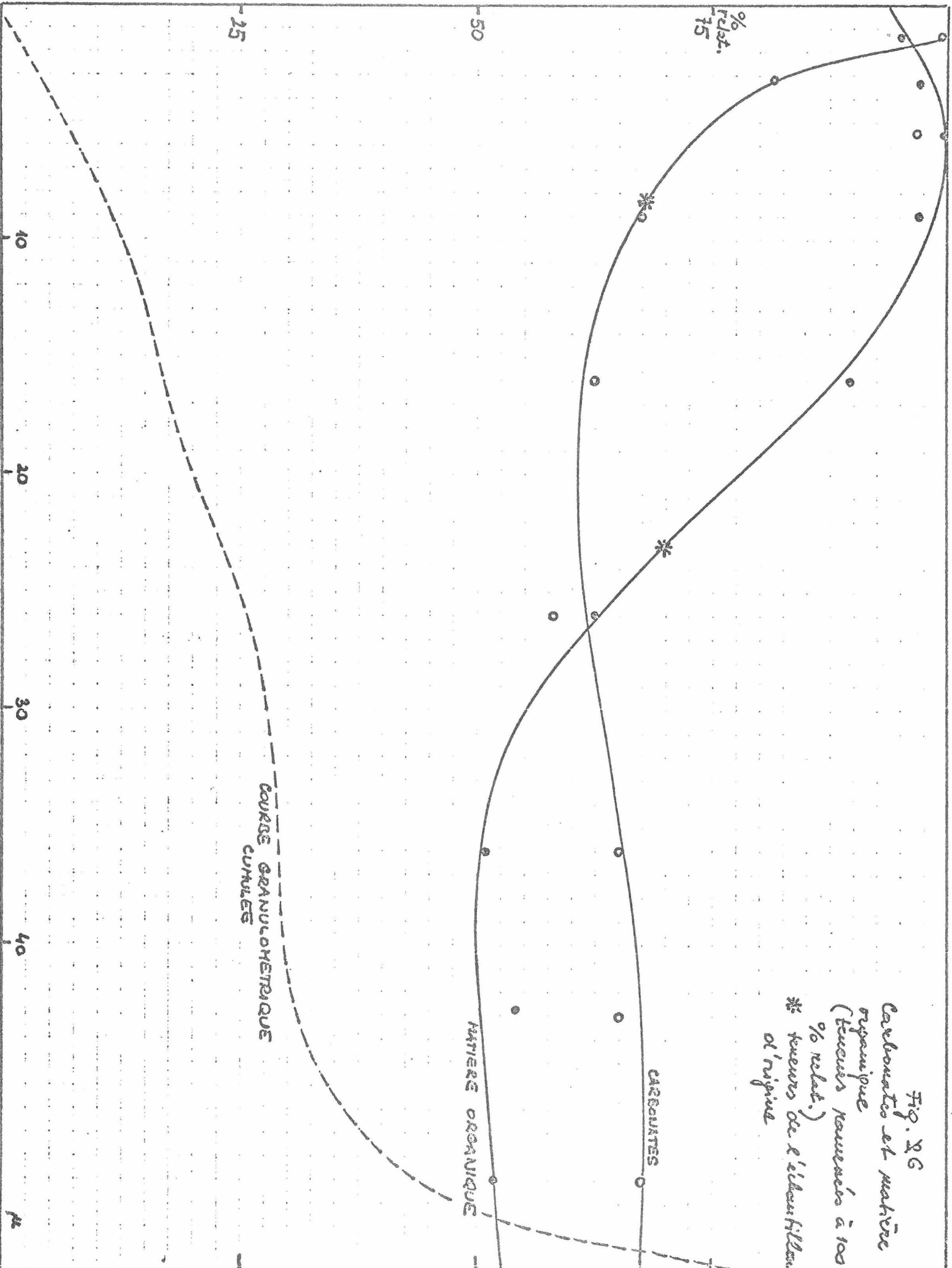
Fraction (μ)	Perte au feu		Matière organique		Carbonates	
	0-550°	550-1000°	dans fraction	répart. totale	dans fraction	répart. totale
0 - 2.5	12.04	8.11	7.56	2.72	3.57	★ 2.72
2.5 - 4	13.69	6.61	7.70	4.88	2.91	3.91
4 - 6.5	12.04	7.85	7.92	7.68	3.45	7.09
6.5 -11	12.22	5.51	7.67	8.31	2.45	5.56
11 -20	10.31	5.07	7.07	8.06	2.23	5.39
20 -32	6.85	4.75	4.76	11.33	2.09	10.54
32 -40	5.29	5.31	4.05	4.25	2.34	5.20
40 -45	5.18	5.24	4.29	2.82	2.31	3.22
45 -300	5.92	5.41	4.13	40.48	2.38	49.2
échant. d'origine	7.56	5.45	5.58		2.40	

★ Répartition totale : % en fonction de la quantité des fractions indiquées à la colonne % du tableau précédent. Indique la répartition réelle dans le sédiment d'origine.

2. Analyse des métaux lourds (fig.7).

Fraction (μ)	Cuivre (ppm)	Manganèse (ppm)	Plomb (ppm)	Zinc (ppm)
0 - 2.5	206	1004	386	1483
2.5 - 4	190	920	323	1469
4 - 6.5	180	983	322	1308
6.5 -11	170	988	285	1197
11 -20	140	840	260	1032
20 -32	99	583	189	774
32 -40	97	501	152	667
40 -45	100	457	154	640
45 -300	77	428	141	585
échant. d'origine	128	612	190	837

Nous observons une nette coupure aux environs des 20 μ . Ces métaux lourds sont en effet plus concentrés dans les fractions à basse granulométrie, mais il faut tenir compte que les grosses fractions granulométriques représentent plus que la moitié du sédiment d'origine. Dans la figure, le comportement du manganèse par rapport aux autres métaux est différent ; en



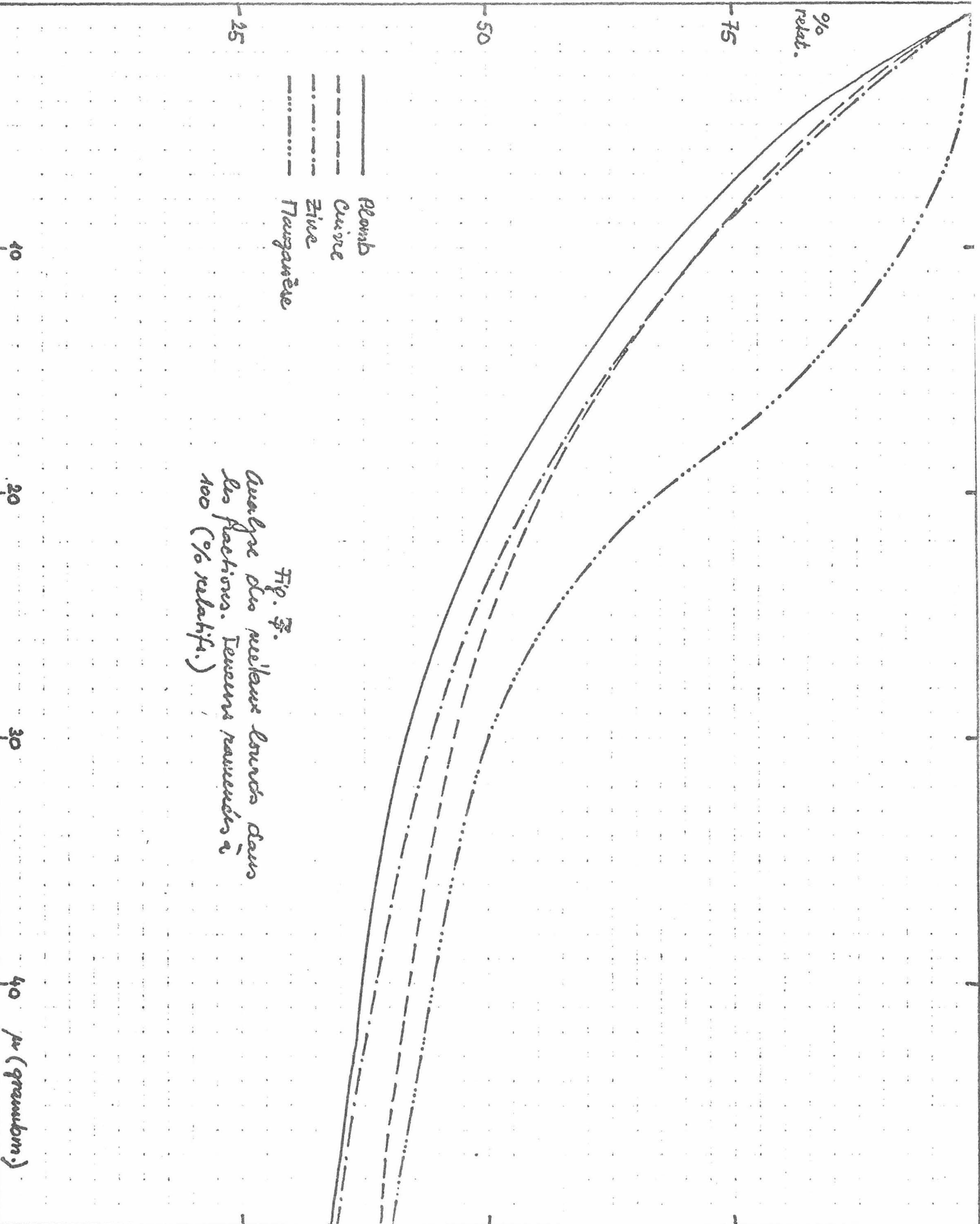


Fig. 7.
Courbe des valeurs trouvées dans
les fractions. Les axes ramené à
100 (% relatif.)

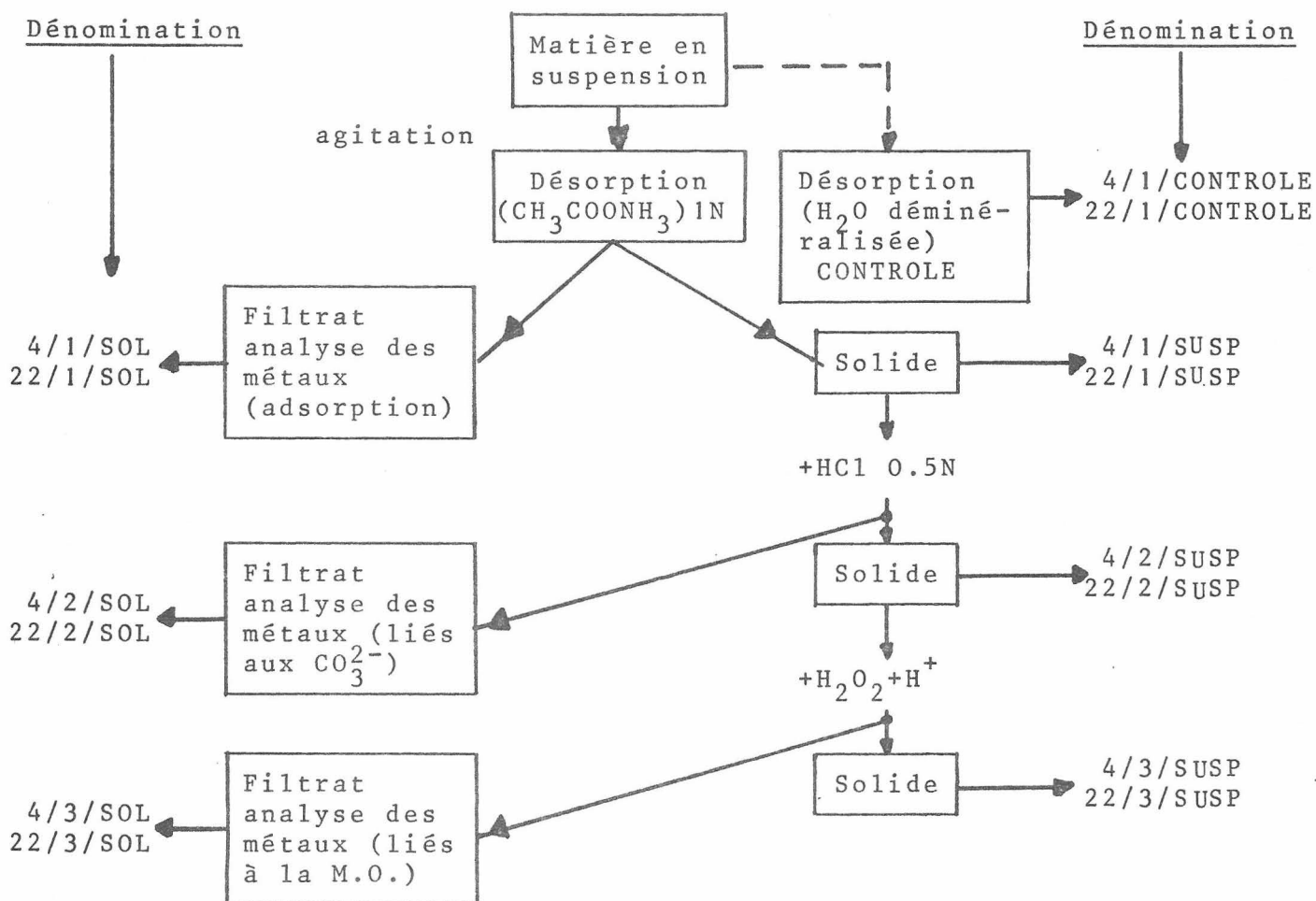
effet, il suit assez fidèlement la courbe de répartition de la matière organique dans le sédiment. Ce fait peut nous conduire à la conclusion que le manganèse provient d'une autre origine et se comporte différemment que le plomb, le cuivre et le zinc. Ces trois derniers suivent la courbe de répartition de la matière organique moins rigoureusement, mais sont toutefois étroitement liés entre eux.

Répartition des métaux lourds dans différentes fractions chimiques des matières en suspension (ESCAUT).

Echantillons : SU 4 (Terneuzen)
SU 22 (Anvers)

Mode de prélèvement : centrifugation (Alfa-Laval)

Mode opératoire :



Désorption : acétate d'ammonium 1-N, agitation pendant 24 heures.
Essais de désorption (contrôle) avec de l'eau déminéralisée.

Résultats expérimentaux (ppm de métal)

Echantillon	Fe	Cu	Zn	Pb	Cr	Mn
Sn 4	22400	83	280	96	70	1650
4/1/SOL	6	9	72	3	2	534
4/1/SUSP	24200	70	246	108	83	1223
4/2/SOL	799	24	111	29	9	866
4/2/SUSP	35100	107	178	130	133	606
4/3/SOL	17850	57	168	145	52	366
4/3/SUSP	19350	10	51	24	65	290
Sn 22	41350	249	2020	164	471	660
22/1/SOL	6	44	192	2	2	74
22/1/SUSP	48600	220	1239	246	504	587
22/2/SOL	8000	125	416	294	151	330
22/2/SUSP	41600	107	203	191	336	364
22/3/SOL	20700	97	146	95	196	95
22/3/SUSP	22600	26	53	37	99	271
4/1/CONT.	12	7	9	0.2	1	29
22/1/CONT.	19	12	9	0.1	1.5	19

Nous voyons qu'il s'avère nécessaire d'établir une correction pour compenser la perte de matière solide due aux attaques successives :

- l'augmentation de la teneur en élément dans le solide à l'étape suivante due à la dissolution ou à la désorption d'une fraction ne contenant ou ne liant pas cet élément.
- la diminution de la teneur en élément dans le solide à l'étape suivante due à la dissolution ou à la désorption d'une fraction contenant ou liant cet élément.
- l'augmentation de la teneur en élément dans le solide à l'étape suivante et présence de l'élément dans le filtrat : dissolution ou désorption d'une fraction importante contenant ou liant une faible partie de l'élément présent.

$$m_0 x_0 = m_1 x_1 + V x_2, \quad \text{ou} \quad m_0 = \text{poids de départ}$$

x_0 = concentration de départ

m_1 = poids du solide à l'étape suivante

x_1 = concentration dans le solide à l'étape suivante

V = volume du filtrat à l'étape suivante

x_2 = concentration du filtrat à l'étape suivante.

Après l'application de la correction^e, les poids d'arrivée dans les étapes suivantes devant être identiques, varient assez sensiblement pour les six éléments analysés.

Etape	Fe	Cu	Zn	Pb	Cr	Mn	MOYENNE	
Désorpt.	2.91	3.34	2.68	2.71	2.56	2.89	2.85	SU4
Carbonates	1.40	0.90	1.60	1.28	1.17	1.25	1.26	
Matière organique	1.22	6.8	0.29	< 0	1.7	1.13	?	
Désorpt.	2.68	2.94	4.61	2.06	2.93	3.14	3.07	SU22
Carbonates	2.36	2.14	0	0	2.53	1.71	1.46	
Matière organique	1.78	0.73	2.103	5.01	2.75	2.37	?	

Il est donc évident que ce type de corrections est insuffisant pour expliquer les mécanismes pour tous les éléments simultanément et en attendant une explication plus précise, nous avons utilisé les moyennes des poids d'arrivées corrigés pour tous les éléments, ceci ne nous permettant évidemment pas de cloturer les bilans avec précision.

Résultats après application des corrections (en ppm):

Echantillon	Fe	Cu	Zn	Pb	Cr	Mn
SU4	22400	83	280	96	70	1660
4/1/SOL	6	9	72	3	2	490
4/1/SUSP	22400	74	208	66	68	1124
4/2/SOL	535	11	90	17	5	516
4/2/SUSP	21500	46	136	46	74	361
4/3/SOL	16100	57	128	29	52	303
4/3/SUSP	17300	10	10	5	(65)	(240)
SU22	41400	250	2017	164	471	660
22/1/SOL	5	41	284	2	2	74
22/1/SUSP	41350	206	1825	161	469	586
22/2/SOL	7800	111	416	170	151	235
22/2/SUSP	40600	95	203	115	336	260
22/3/SOL	19100	90	146	87	196	95
22/3/SUSP	20100	24	53	34	100	240

Nous observons une désorption réelle pour le cuivre (10% pour le 4 et 15% pour le 22), le zinc (15% et 30%), le manganèse (15% et 30%) environ, tandis que le chrome et le plomb et surtout le fer montrent une désorption insignifiante (de 0 à 3%).

Parmi les métaux liés aux carbonates dans la matière en suspension de Terneuzen, la contribution du zinc et du manganèse est d'environ 30%, du cuivre et du plomb de 15%, du fer et du chrome de 5%. Dans la matière en suspension de l'amont (Anvers), c'est surtout le plomb (la quasi-totalité), le chrome et le manganèse 35% et finalement le fer et le zinc (20%) qui seraient rattachés aux carbonates.

Les métaux les plus concentrés dans la matière organique des deux échantillons seraient le fer et le chrome (70% pour le 4 et 45% pour le 22), le plomb (30% et 45%), le cuivre (70% et 35%), le zinc (45% et 7%), le manganèse étant de 15% pour les deux échantillons.

Nous répétons que ces chiffres sont donnés à titre indicatif et ne permettent en aucun cas d'établir des bilans de répartition des métaux lourds dans la matière en suspension.

Ce travail sera poursuivi selon un mode opératoire différent, et surtout, en "circuit fermé" à chaque étape afin de pouvoir bénéficier d'un plus grand nombre de données en ce qui concerne les pertes de matière durant l'étape et les poids exacts de départ pour chacune d'entre elles. Les corrections apportées seront ainsi plus précises et mieux applicables, et nous permettront sans doute de cloturer les bilans avec succès.