

MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE ET DE L'ENVIRONNEMENT

EVALUATION DES CONTRIBUTIONS DES DIFFERENTES SOURCES
DE MATIERE EN SUSPENSION A L'ENVAISEMENT DE L'ESCAUT

R. WOLLAST et A. MARIJNS

Rapport Final

Décembre 1981

UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES - LABORATOIRE D'OCEANOGRAPHIE

TABLE DES MATIERES

	pages
I. <u>Evaluation de la contribution d'origine terrestre naturelle, domestique et industrielle</u>	1
I.1. Evaluation de la contribution d'origine naturelle	1
I.2. Evaluation de la contribution d'origine domestique	15
I.2.1. Evaluation de la charge journalière par habitant	15
I.2.2. Distribution de la population par bassin hydrographique	23
I.2.3. Contribution de l'érosion à la charge du bassin de l'Escaut	27
I.3. Evaluation de la contribution d'origine industrielle	31
I.4. Contributions totales relatives à chaque bassin	36
II. <u>Distribution des turbidités dans l'estuaire et évaluation du transport des solides</u>	40
II.1. Introduction	40
II.2. Inventaire des données existantes en matière de turbidité dans l'Escaut	41

II.3.	Evaluation des flux de solide à partir des profils de turbidité	78
II.3.a.	Evaluation de l'exportation de solide à l'embouchure	79
II.3.b.	Evaluation du transport de solide dans l'Escaut amont	86
II.4.	Contributions relatives à chaque bassin sur base de mesures effectuées en 1980	91
II.5.	Transport par charriage sur le fond	100
II.6.	Discussion et conclusions	
III.	<u>Composition chimique et minéralogique des suspensions de l'Escaut</u>	107
III.1.	Pertes au feu	107
III.2.	Diffractionométrie des Rayons X	117
III.3.	Fluorescence des Rayons X et analyse chimique	120
IV.	<u>ANNEXE 1</u> : Profils longitudinaux de turbidité et salinité	130
	<u>ANNEXE 2</u> : Localisation des points de prélèvement	144

I. EVALUATION DE LA CONTRIBUTION D'ORIGINE TERRESTRE NATURELLE, DOMESTIQUE et INDUSTRIELLE

I.1. EVALUATION DE LA CONTRIBUTION D'ORIGINE NATURELLE

Ce chapitre a pour but d'évaluer la contribution à la charge d'une rivière suite à l'érosion des sols dans des zones à caractère nettement agricole. Comme nous l'avons proposé dans le rapport intermédiaire, nous avons choisi une station dans le bassin de la Dyle en amont de Wavre, à Bousval. Nous y avons mené une campagne de mesures intensives de la turbidité de l'eau à l'aide d'un dispositif de prélèvements automatiques permettant de tenir compte des épisodes de crue de courte durée. Cette station est équipée d'un limnigraphe et d'un pluviographe installés par le Service d'Etudes Hydrologiques (SETHY). Ce service nous a fourni les mesures de débit heure par heure ainsi que les mesures de la pluviosité, prises au même point, pour la période considérée.

Du point de vue du relief, l'altitude moyenne du bassin de Wavre est de 131 m, l'indice de pente de la roche est de 0.059 et la pente moyenne de la rivière est de 4.9%.

La couverture végétale se répartit comme suit:

{	85% de prairies et cultures
	12% de feuillus
	3% de forêt de résineux

D'un point de vue géologique, le recouvrement est essentiellement composé de Bruxellien pouvant atteindre 50 m et il repose sur des formations paléozoïques plissées, constituées d'un ensemble phylladeux, quartzophylladeux et quartzitique, plus ou moins perméable selon l'état de fissuration et d'altération.

La superficie du bassin de la Dyle à Bousval est de 40.13 km². Le débit moyen annuel est de 0.22 m³/sec. et le débit spécifique est de 5.48 l/s/km² (en 1976, réf.: *Monographie du bassin de la Dyle*, Ed. E. Laurent).

La campagne de mesure de turbidité dans la Dyle à Bousval a été réalisée à l'aide d'un dispositif prélevant un échantillon d'eau toutes les heures pour constituer un échantillon moyen de 6 heures (500 cc). Les flacons sont ramenés au laboratoire tous les 4 jours, les échantillons sont filtrés sur millipore 0.45 µ afin de mesurer la quantité de matières en suspension.

L'ensemble des résultats de turbidité, ainsi que les mesures du débit et de la pluviosité, fournies par la SETHY, sont représentés dans le tableau suivant I₁. Dans le tableau I₂ nous avons reporté, pour chacun des paramètres étudiés, les valeurs minimales, maximales et moyennes, la déviation standard et la déviation standard relative, obtenues à partir des histogrammes correspondants.

TABLEAU I₁: Résultats des mesures de turbidité, de pluviosité, de débit et de débit massique dans la Dyle à Bousval (station 104) pendant la période du 03/05/81 au 05/06 /81.

n° échantillon	DATE 1981	TURBIDITE mg/l	MØYENNE PAR JOUR	DEBIT m ³ /sec	DEBIT MASSIQUE (g/sec)	PLUVIOSITE (mm)
-	Mai					
-	03	B	-	0.352	-	0
-		C	-	0.368	-	0.1
-		D	-	0.352	-	0
-		A	-	0.352	-	1.2
-	04	B	-	0.384	-	2.5
-		C	-	0.420	-	0.7
-		D	-	0.432	-	1.3
1		A	55	0.405	21.8	0.5
2	05	B	92	0.38	35.0	0.1
3		C	211.8	0.368	78.0	0
4		D	72.4	0.384	27.6	0
5		A	82.8	0.372	30.9	0
6	06	B	134	0.356	47.7	1.7
7		C	58	0.388	22.5	0.1
8		D	81.8	0.36	29.5	0
9		A	48.2	0.352	16.9	0
10	07	B	48.2	0.348	16.7	0
11		C	60.2	0.344	20.6	0
12		D	62	0.352	21.8	0
13		A	68.6	0.352	24.3	0
14	08	B	38	0.348	13.2	0
15		C	32.8	0.555	18.3	10.1
16		D	-	-	-	0.1
17		A	321.8	0.495	159.4	0.2
18	09	B	115.2	0.428	49.2	0.4
19		C	93.0	0.420	39.1	0
20		D	50.8	0.404	20.6	0.2
21		A	40.2	0.396	15.8	0
22	10	B	44.0	0.384	16.5	0
23		C	29.0	0.372	10.8	0
24		D	31.2	0.376	11.7	0
25		A	32.2	0.38	12.2	0
26	11	B	35.2	0.364	12.7	0
27		C	40.8	0.348	14.3	0
28		D	57.4	0.364	20.7	0
29		A	22.0	0.364	8.0	0
30	12	B	31.6	0.364	11.3	0.1
31		C	30.2	0.36	10.8	0
32		D	30.0	0.356	10.7	0
33		A	16.4	0.34	5.4	0
34	13	B	15.2	0.34	5.1	0
35		C	27.4	0.340	-	-
36		D	9.8	0.344	3.4	0
37		A	21.2	0.337	7.1	0
38	14	B	15.0	0.337	5.1	0
39		C	19.4	0.33	6.3	0
40		D	31.6	0.329	10.2	0
41		A	23.2	0.295	6.8	0

n° échantillon	DATE 1981	TURBIDITE mg/l	MOYENNE PAR JOUR	DEBIT m ³ /sec	DEBIT MASSIQUE (g/sec)	PLUVIOSITE (mm)
-	15	B	-	-	-	0
-		C	-	-	-	0
-		D	-	-	-	0
-		A	-	-	-	0
42	16	B	15.4	0.333	5.0	0
43		C	30.6	0.333	10.2	0
44		D	35.0	0.360	12.6	1.8
45		A	100.6	0.337	34.0	0
46	17	B	31.0	0.325	10.1	0.1
47		C	49.8	0.344	17.2	1.9
48		D	97.6	0.356	34.9	0.6
49		A	36.8	0.356	13.2	1.4
50	18	B	34.6	0.333	11.7	0.1
51		C	45.8	0.317	14.6	0
52		D	24.4	0.352	8.4	0
53		A	32.2	0.329	10.5	0
54	19	B	40.6	0.329	13.5	0
55		C	54.8	0.329	-	0.1
56		D	-	0.432	-	0
57		A	25.6	0.340	8.8	0
58	20	B	23.8	0.321	7.7	0.1
59		C	19.0	0.321	6.1	0
60		D	65.2	0.329	21.4	0
61		A	30.2	0.317	9.5	0
62	21	B	14.6	0.310	4.3	0
63		C	16.0	0.313	5.0	0
64		D	21.4	0.313	6.6	0
65		A	35.0	0.317	11.1	8.4
66	22	B	33.2	0.696	23.0	10.4
67		C	26.4	0.368	9.6	0
68		D	38.8	0.302	11.8	0
69		A	14.4	0.321	4.5	0
70	23	B	(1210.0)	0.329	-	0.1
71		C	146.8	0.287	41.9	0
72		D	35.0	0.280	8.6	1.3
73		A	30.2	0.325	9.8	1.2
74	24	B	13.6	0.372	5.2	5.3
75		C	18.2	0.356	6.4	0
76		D	18.8	0.329	6.3	0.6
77		A	33.2	0.368	12.1	3.8
78	25	B	120.8	0.36	43.6	0
79		C	170.0	0.306	52.0	0.6
80		D	49.4	0.317	15.5	2.2
81		A	94.8	0.325	30.9	0
82	26	B	129.0	0.295	38.1	0
83		C	57.2	0.291	16.6	0.1
84		D	18.4	0.291	5.2	0
85		A	10.8	0.283	3.1	0
86	27	B	9.0	0.280	2.5	0
87		C	9.0	0.28	-	-
88		D	4.4	0.333	1.5	0
89		A	3.4	0.317	1.1	0

n° échantillon	DATE 1981	TURBIDITE mg/l	MOYENNE PAR JOUR	DEBIT m ³ /sec	DEBIT MASSIQUE (g/sec)	PLUVIOSITE (mm)
90	28 B	5.0	5.4	0.317	1.6	0
91	C	18.2		0.317	5.7	0.6
92	D	21.6		0.329	7.2	0
93	A	14.8		0.321	4.8	0.4
94	29 B	36.2	22.7	0.329	11.8	3.9
95	C	14.8		0.388	5.8	0.9
96	D	11.6		0.333	4.0	0.1
97	A	15.6		0.325	5.2	0.3
98	30 B	18.6	17.9	0.317	6.0	0.1
99	C	22.6		0.321	7.1	0.2
100	D	62.0		0.329	20.4	0
101	A	15.0		0.340	5.1	0
102	31 B	15.8	28.8	0.337	5.4	0.7
103	C	20.6		0.325	6.8	0
104	D	31.0		0.34	10.5	0
105	A	88.2		0.34	-	-
106	Juin 01 B	46.2	46.5	0.333	15.3	0
107	C	23.4		0.317	7.3	0
108	D	19.8		0.310	6.2	0
109	A	15.8		0.306	4.9	0
110	02 B	52.6	27.9	0.306	16.2	0
111	C	67.6		0.30	-	-
112	D	24.4		0.30	-	-
113	A	11.8		0.295	3.5	0
114	03 B	17.2	30.2	0.295	5.0	0.3
115	C	18.6		0.310	5.9	0.3
116	D	19.6		0.310	6.2	0
117	A	34.2		0.428	14.6	9
118	04 B	27.0	24.8	1.252	33.8	13.1
119	C	15.0		1.728	25.9	-
120	D	21.4		-	-	-
121	A	14.2		0.710	9.9	-
122	05 B	3020.6	767.8	0.435	-	0
123	C			-	-	0.4
124	D			-	-	0

où A : de 16h à 22h
 B : de 22h à 04h
 C : de 04h à 10h
 D : de 10h à 16h

Il est à remarquer que lors des épisodes de crue, les mesures de hauteur d'eau font souvent défaut (13, 19, 31 mai et 04, 05 juin).

Dans ce cas nous nous sommes référés au limnigramme de la station.

	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne	Déviatiion standard	Déviatiion standard relative
Pluviosité (mm/6h)	0.00	13.10	0.68	2.14	3.15
Débit (m ³ /s)	0.280	0.710	0.352	0.067	0.190
Turbidité (mg/l)	3.4	170.0	39.6	31.6	0.8
Débit massique (g/s)	0.5	52.0	13.3	11.2	0.8

TABLEAU I₂: Valeurs minimales, maximales et moyennes, déviatiion standard relative calculées pour les différents paramètres mesurés dans la Dyle à Bousval (station 104) du 03/05/81 au 05/06/81.

Nous avons représenté aux figures I₁ à I₃ les valeurs de pluviosité, de débit, de turbidité et de débit massique, mesurées à Bousval en fonction du temps, du 04 mai au 05 juin 1981.

La superposition des diagrammes de pluviosité et de débit (figure I₁) met en évidence une augmentation rapide du débit suite à un épisode de pluie.

On notera en particulier les évènements:

du 08.05.81	}
du 21 et 22.05.81	
et du 03 et 04.06.81	

pour lesquels le débit augmente rapidement dans l'intervalle des 6 heures qui suivent. Mis à part ces trois épisodes évidents, il est difficile d'obtenir plus de renseignements à partir de ces diagrammes.

La superposition des diagrammes de débit et de turbidité est présentée dans la figure I₂.

Les relations entre la turbidité, le débit et la pluviosité sont en général très employées. L'érosion provoquée par un épisode de pluie dépend essentiellement de l'intensité de la pluie et de sa distribution spatio-temporelle. Or, le pluviomètre ne fournit qu'une mesure ponctuelle intégrée sur une période d'une heure et ne fournit pas de données suffisamment précises. Par ailleurs, la turbidité a tendance à augmenter par suite de l'érosion superficielle mais à diminuer par l'augmentation du débit d'eau. Il est dès lors préférable de considérer les fluctuations du débit de solide dans la rivière (figure I₃).

Enfin, il existe pour un bassin donné, un temps de réponse variable entre l'épisode de pluie et les fluctuations de débit et de turbidité, suivant la distribution spatio-temporelle de l'intensité de la pluie et de la morphologie du bassin.

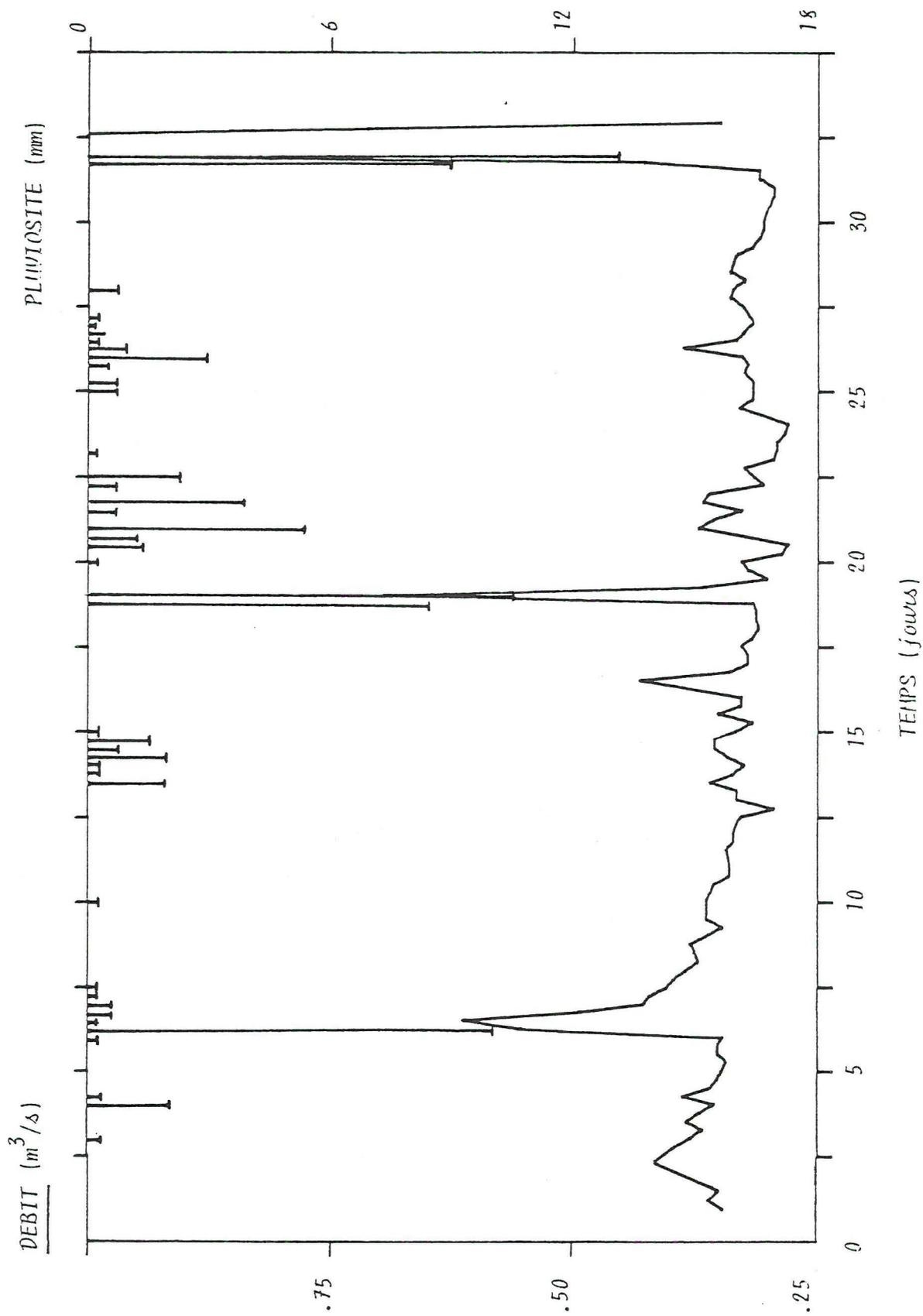


FIGURE I Superposition des diagrammes de débit et de pluviosité dans le bassin de la Dyle à Bousval pendant le mois de mai 1981 (Mesures toutes les heures provenant de la SETHY).

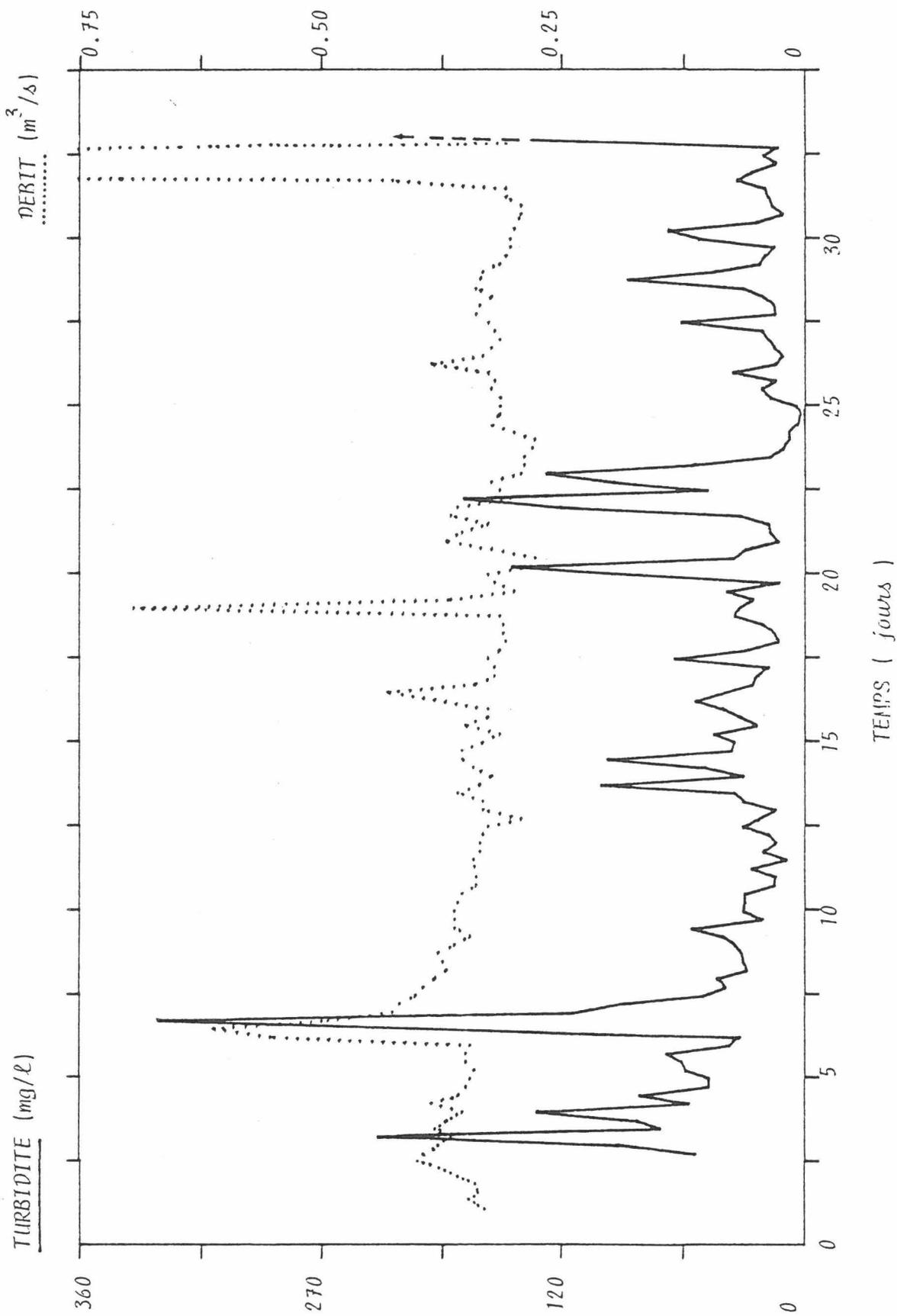


FIGURE I₂ : Variation du débit et de la turbidité (une mesure toutes les six heures) dans le bassin de la Dyle à Bousval pendant le mois de mai 1981

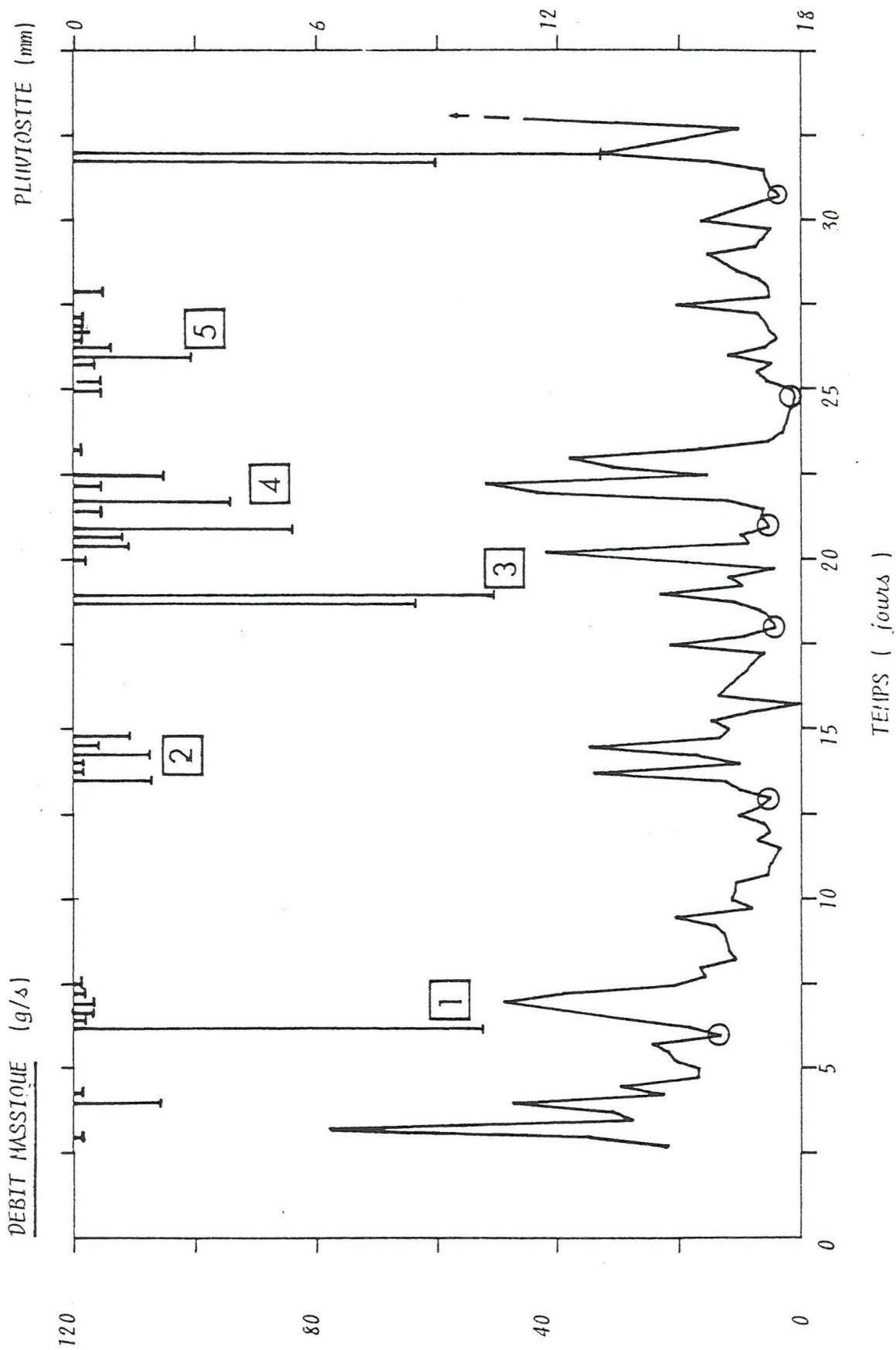


FIGURE I₃ : Evolution du débit massique dans le bassin de la Dyle à Bousval pendant le mois de mai 1981 et limnigramme correspondant à la même période. (O) (□) (voir page 12).

La superposition du pluviogramme au diagramme des débits solides montre que les épisodes de pluie engendrent effectivement une augmentation du flux de solide pendant une période relativement courte et généralement légèrement décalée dans le temps. Il n'existe pas de relation simple entre l'intensité donnée par le pluviographe et le flux de solide observé.

Certains auteurs ont tenté d'utiliser une équation universelle (Universal Soil Loss Equation : USLE) pour évaluer l'érosion et l'apport de sédiments aux cours d'eau.

Cette équation fait intervenir un indice d'érosivité des pluies, un indice d'érodibilité des sols, un facteur de pente, un facteur de gradient de pente, un facteur fonction du type de végétation et éventuellement d'un facteur de pratique de contrôle d'érosion.

L'indice d'érosivité est lui-même calculé à partir d'une équation semi-empirique dans laquelle intervient la distribution de l'intensité des pluies relevée toutes les trente minutes.

Nous avons examiné attentivement l'utilisation possible de cette équation pour évaluer les apports de sédiments dans le cas du bassin considéré. Notons que si l'on se limite à un bassin homogène sur une période relativement courte (végétation constante), le seul facteur susceptible de varier au cours du temps est l'indice d'érosivité des pluies, défini par :

$$R = \sum_{i=1}^n E_i I_i / 100$$

où intervient l'énergie cinétique de l'épisode de pluie.

$$E_i = 916 + 331 \log_{10} I_i$$

et où I_i est l'intensité de la pluie pendant i minutes.

Nous avons testé cette hypothèse en considérant le transport solide observé dans la rivière en fonction de cet indice pour les différents épisodes de pluie observés pendant la durée des mesures.

A cet effet, nous avons reporté dans le tableau I₃ et la figure I₄ le débit massique horaire moyen et l'indice d'érosivité des pluies horaire moyen pour cinq épisodes de pluie relevés pendant la durée des mesures (voir figure I₃ pour le choix des épisodes de pluie et des intervalles de débit massique considérés: \square, \circ)

Il faut remarquer immédiatement que l'équation universelle USLE a été développée, en fait, pour évaluer l'érosion c'est-à-dire le transport de sols d'une région déterminée vers une autre, ce qui n'implique pas nécessairement et loin de là, que le sol érodé aboutit à la rivière. En fait, le plus souvent, ce n'est qu'une très petite fraction, généralement de 10 à 20% des sols érodés du bassin qui y aboutit. On se rapportera à ce sujet aux nombreuses données publiées dans les chapitres I et II, intitulés "*Sediment Yield and Sources*" (232 pages) et "*Erosion and Sediment Control*" (180 pages) des Proceedings of the Third Inter-Agency Sedimentation Conference (W.R.C. Denver, Colorado, USA, 1976).

De plus, un seul épisode de pluie présente un indice d'érosivité fort élevé qui se traduit par une augmentation sensible du transport de solide dans la rivière qui vaut environ 10 fois le transport par temps sec. Il est toutefois hasardeux de tirer de ces données limitées, des appréciations quantitatives fiables. Il nous paraît néanmoins que ce type d'approche pourrait être développé dans le futur en équipant quelques bassins, judicieusement choisis, d'un système de mesure permanent de la pluviosité et du transport de solide.

Episode de pluie	Indice d'érosivité/heure	débit massique horaire moyen (kg/h)
1	9.52	69.88
2	2.75	49.88
3	21.8	207.8
4	5.45	64.8
5	2.1	33.70

TABLEAU I₃: Débit massique horaire moyen et indice d'érosivité des pluies horaire moyen pour 5 épisodes de pluie relevés pendant la durée des mesures dans la Dyle à Bousval (station 104) du 03/05/81 au 05/06/81.

DEBIT MASSIQUE HORAIRE MOYEN (kg/s)

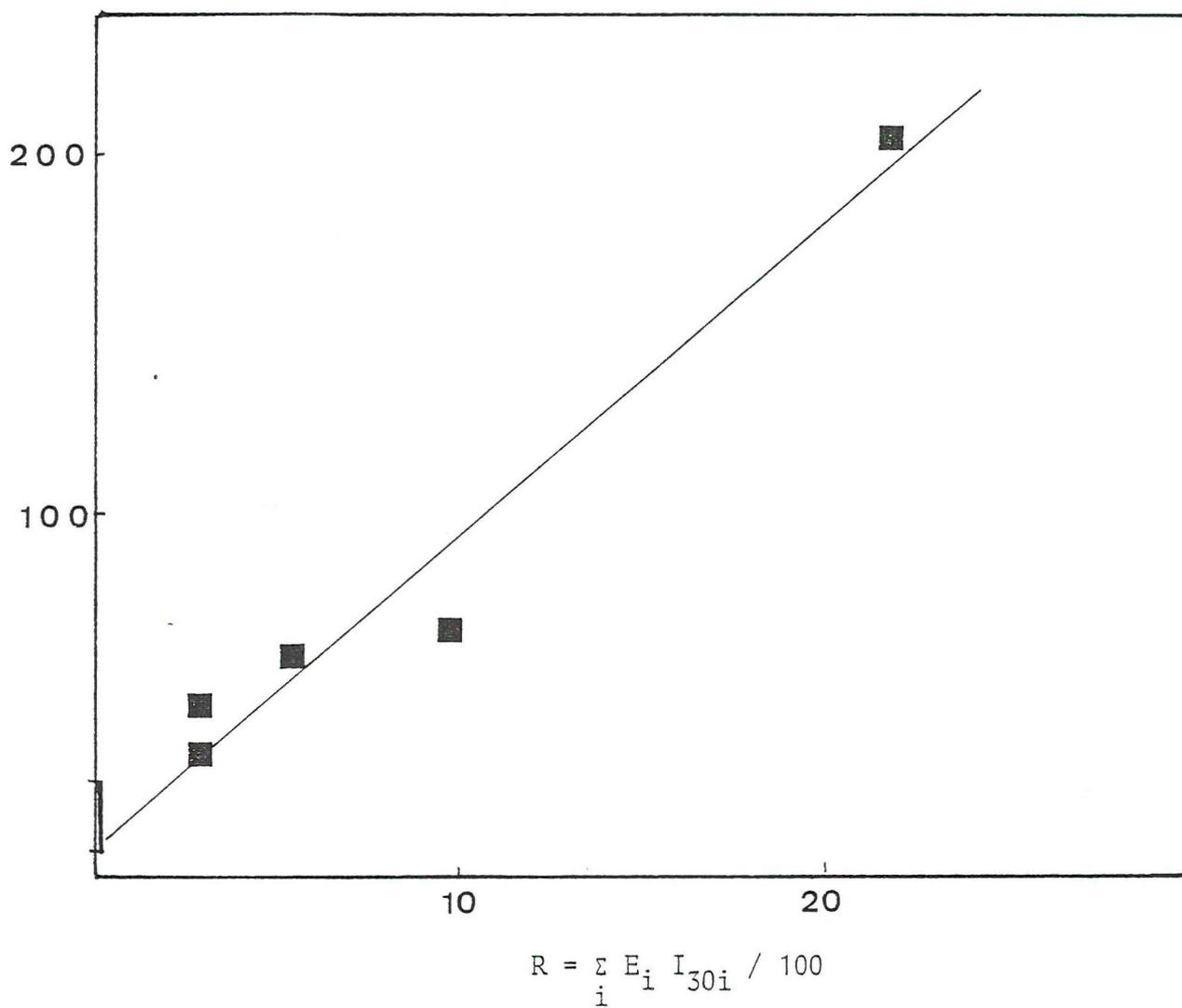


Figure I₄ : Variation du débit massique horaire moyen en fonction de l'indice d'érosivité des pluies horaire moyen observé pendant le mois de mai 1981 dans le bassin de la Dyle à Bousval

(■) pour 5 épisodes de pluies

(]) par temps sec

I.2. EVALUATION DE LA CONTRIBUTION D'ORIGINE DOMESTIQUE

I.2.1. Evaluation de la charge journalière par habitant

On admet généralement (Ministère de la Santé Publique - Service du Génie Sanitaire) que la quantité de matières en suspension présente dans les eaux usées domestiques en Belgique correspond à un rejet moyen de 90 g/jour par habitant.

Cette valeur est relativement élevée si on la compare à des valeurs admises pour d'autres pays mais il faut constater que les valeurs reportées dans la littérature sont fort fluctuantes. Deux raisons principales expliquent cette dispersion. La première est liée à l'existence ou non, d'un réseau séparatif et inclut donc ou non, les matières solides collectées par les pluies sur les surfaces couvertes des zones urbaines. D'autre part, dans de nombreux cas, les matières en suspension tendent à s'accumuler dans le réseau de collecte par temps sec et ne sont remises en suspension que lors d'épisodes de crue d'orage.

Nous disposons d'un très grand nombre de mesures de la qualité des eaux usées du réseau de collecte de la région bruxelloise qui nous permettent d'analyser la contribution domestique de manière plus détaillée.

Considérons tout d'abord les apports de solides en dehors des périodes de crue d'orage. Nous avons repris dans le Tableau I.4. les flux journaliers moyens de matières solides dans divers collecteurs à prédominance essentiellement domestique ainsi que la population et la superficie du bassin correspondant. La charge est représentée en fonction du nombre d'habitants dans la figure I.4.

On peut en déduire que la charge moyenne en dehors des périodes de crue est de 58 g/(jour.habitant). Ceci correspond bien à la valeur de 60 g/(jour.habitant) évaluée pour la Suisse par l'E.A.W.A.G.

Nous disposons d'autre part d'un bilan effectué sur la Senne en amont et en aval de Bruxelles (Lot et Eppegem), par temps sec.

Il entre journellement entre 5.2 Tonnes de matières en suspension à Lot et il en sort 98.9 Tonnes à Eppegem soit un apport de 94 Tonnes par jour. L'évaluation des divers apports par mesure directe dans les collecteurs compris entre ces deux points est de 116 Tonnes par jour. La différence entre ces deux valeurs peut être attribuée à une sédimentation dans la rivière Senne. Si d'autre part, on admet une contribution par temps sec de 58 g/(jour.habitant) le calcul donne un apport de :

TABLEAU I.4. : Evaluation des rejets de matières en suspension par les réseaux de collecte d'eaux usées domestiques.

COLLECTEUR	POPULATION	SUPERFICIE ha	CHARGE Kg/JOUR moyenne
Beyseghem	22 500	608	800
Hollebeek	22 000	431	700
Maelbeek	42 600	2381	2500
Uccle	67 800	1681	4200
Paruck	101 500	1069	5800

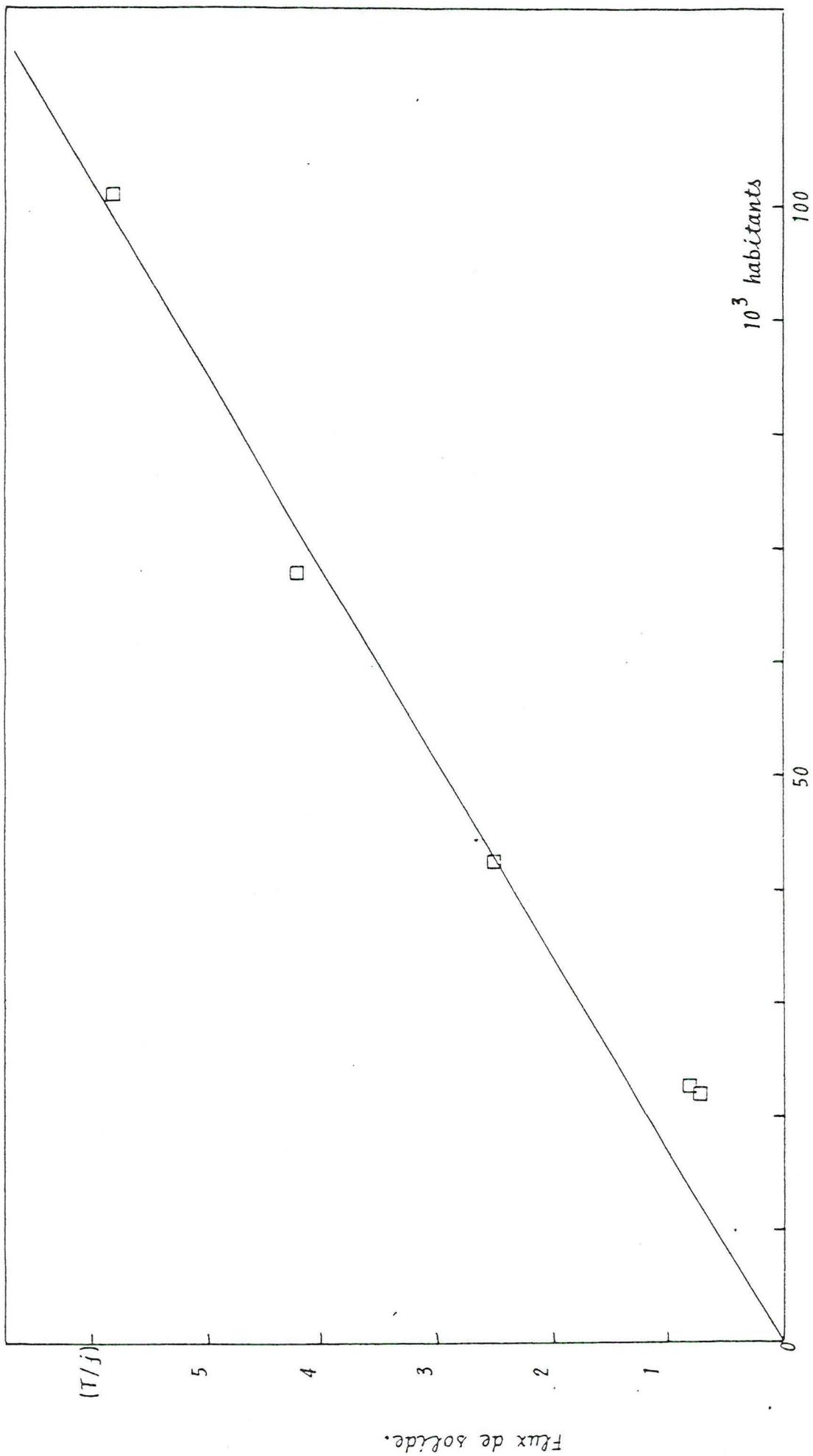


Figure I₄ : Quantité de solide transportée journellement par divers collecteurs en fonction du nombre d'habitants du bassin.

- eaux usées domestiques :	1.250.000 h x 58 g/j	=	72.5 Tonnes/j
- eaux usées industrielles:	975.000 equ. h x 58 g/j	=	56.5 Tonnes/j
			=====
	Total		129 Tonnes/j.

L'accord avec les mesures effectuées sur les émissaires est donc très satisfaisant et confirme l'évaluation précédente de la contribution domestique par temps sec.

En période de crue, on observe toujours une augmentation considérable des matières en suspension transportées par les collecteurs, pendant la montée des eaux. L'augmentation simultanée de la turbidité et du débit provoque un apport accru de matières en suspension et les quantités de solides transportées, par un épisode de crue, peuvent être ainsi égales à l'équivalent du transport pendant plusieurs jours de temps sec.

Nous donnons à titre d'exemple dans la figure I.5. les résultats enregistrés pendant un épisode de crue sur un collecteur de la région Bruxelloise. Les quantités de solides transportées sont calculées dans le tableau I.5.

On voit que dans ce cas, 2943 kg de matières en suspension ont été transportés en 1h30 de crue alors que le transport normal en temps sec n'est que de 184 kg pour la même durée. L'augmentation de la charge provient du lessivage de l'atmosphère et des surfaces imperméables d'une part, et de la remise en suspension des dépôts dans le collecteur d'autre part.

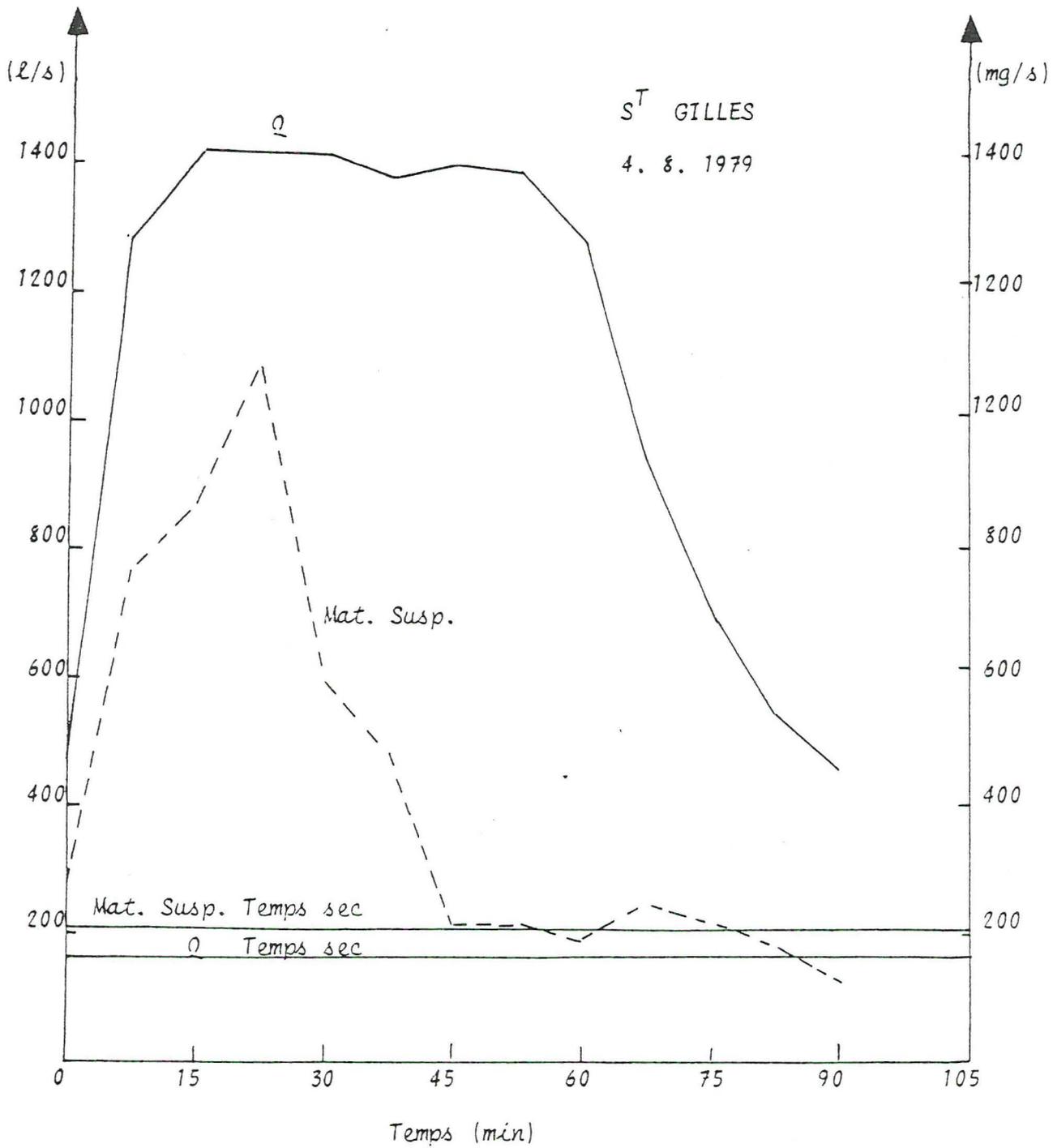


Figure I₅ : Evolution du débit et de la concentration des matières en suspension au cours d'un épisode de crue dans le collecteur.

TABLEAU I.5. : Calcul de la charge en période de crue

Collecteur : SAINT-GILLES

Date: 4 août 1979

PERIODE	DEBIT MOYEN	MAT. SUSP. MOYENNES	CHARGE EN M.S.	
			kg/s	kg
	l/s	mg/l		
(17.01.00-17.08.30)	860	507	0.436	196
(17.08.30-17.16.00)	1348	817	1.101	495
(17.16.00-17.23.30)	1415	980	1.387	624
(17.23.30-17.31.00)	1413	840	1.187	534
(17.31.00-17.38.30)	1390	536	0.745	335
(17.38.30-17.46.00)	1383	346	0.479	216
(17.46.00-17.53.30)	1388	212	0.294	132
(17.53.30-18.01.00)	1325	206	0.273	123
(18.01.00-18.08.30)	1103	222	0.245	110
(18.08.30-18.16.00)	820	233	0.191	86.0
(18.16.00-18.23.30)	625	202	0.126	56.7
(18.23.30-18.31.00)	500	155	0.078	35.1
TOTAL				2943 kg
Valeurs moyennes en temps sec pour la période correspondante (samedi)	1641/s	208 mg/l	0.034 kg/s	184 kg

Des mesures systématiques sur l'émissaire principal de la ville de Bruxelles incluant les périodes de crue montrent que le transport moyen de solide, dans ce collecteur, vaut 33.9 Tonnes/jour, pour une population de 380.000 habitants. Ceci correspond à un apport de solide de 90 g/(hab.jour), en parfait accord avec les estimations du Ministère de la Santé Publique. Dans la suite de nos calculs, nous adopterons cette valeur pour estimer l'apport de matières en suspension d'origine domestique.

En conclusion il est important de souligner le rôle des fortes pluies en milieu urbain qui ne conduisent pas à une dilution des eaux usées dans les collecteurs, mais au contraire, à un transport solide fortement accru, surtout après une longue période de temps sec. Sur le plan de la gestion de la qualité des eaux de surface, il est indispensable d'éviter d'envoyer les têtes de crue dans les cours d'eau en prévoyant par exemple l'installation de bassins d'orage.

I.2.2. Distribution de la population par bassin hydrographique

Les limites des bassins hydrographiques et leurs surfaces utilisées dans le présent travail sont celles définies dans l'ouvrage "*Stormvloed en de Schelde*" du Ministère de la Santé Publique.

Les données concernant les populations sont extraites des références suivantes :

De verontreiniging van het stroomdebiet van de Dender-
V.U.B. (1975)

De waterkwaliteit van de Schelde- A.C.W. - Antwerpse
Stad (1977).

Etude de la charge et de la traitabilité des eaux usées
de l'agglomération bruxelloise- U.L.B. et K.U.L.
(1977).

De waterverontreiniging in het Denderbekken. Deel I en
II. - I.H.E. (1976-1977).

L'ensemble des données est présenté dans le tableau I.6. En plus de la charge par bassin, nous avons indiqué à titre d'information, la "densité" de cette charge obtenue en divisant la quantité de solide rejetée par la surface du bassin hydrographique. Nous avons calculé la contribution des rejets domestiques à la turbidité du cours d'eau en tenant compte du débit annuel moyen de la rivière et en supposant que rien ne décante dans le cours d'eau. Pour la partie marine de l'Escaut, le débit figurant dans le tableau est l'apport d'eau douce dans la zone considérée. La concentration des solides d'origine domestique qui résulterait de l'ensemble des apports dans cette zone et avant mélange avec l'eau de mer, peut être calculée à partir des totaux figurant dans le tableau (en supposant à nouveau que rien ne s'accumule en amont).

La figure I.6. illustre les données principales du tableau; nous y avons représenté d'autre part la contribution relative (en %) de chacun des bassins. Il est intéressant de noter que 28.4% de la matière en suspension d'origine domestique proviennent de la zone de l'Escaut en amont du Rupel, 47.1% des affluents du Rupel et 24.6% de la zone maritime de l'Escaut.

TABLEAU I.6. : Contribution des différents bassins à l'apport de
matières solides d'origine domestique.

BASSIN	DEBIT MOYEN m ³ /sec	SUPERFICIE km ²	HABITANTS 10 ³	CHARGE Tonnes solide/an	CONCENTRATION mg/l	DENSITE T/(an.km ²)
Boven Schelde } Leie } Dender } Zenne } Dyle } Nete } Zee Schelde (9)	30	6830 3675 1381 1150 3420 1605 3519	546 666 441 1353 886 504 1435	17 910 21 870 14 490 44 370 29 100 16 560 47 140	19 51 128 39 31 166	2.62 5.95 10.5 38.6 8.51 10.3 13.4
<u>Total</u>	100	21580	5831	191 440	61	

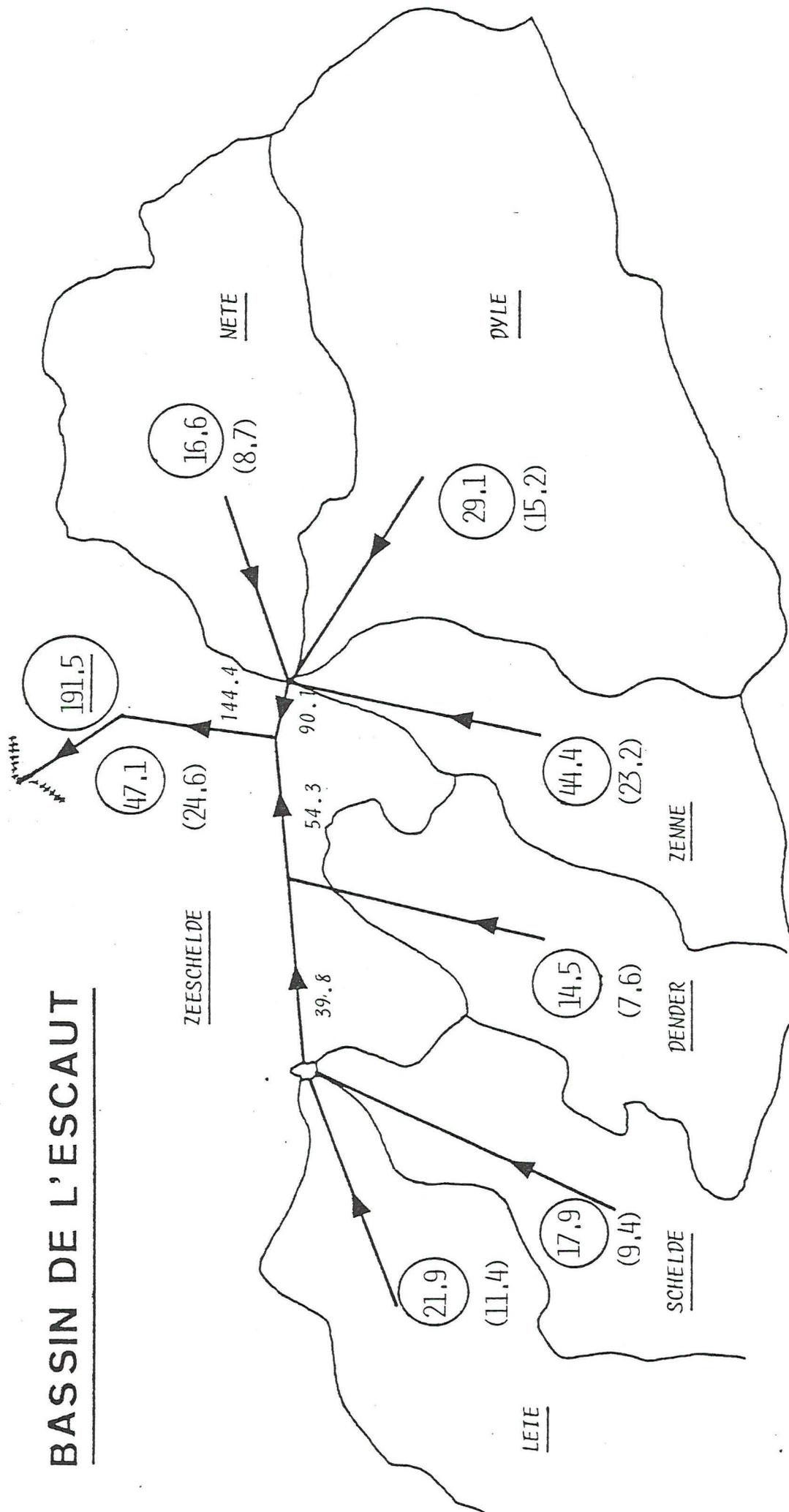


Figure I₆ : Apport de matières solides d'origine DOMESTIQUE dans le bassin de l'Escaut en 10³ tonnes/an et contribution relative (en %).

I.2.3. Contribution de l'érosion à la charge du bassin de l'Escaut.

Sur base des mesures effectuées pendant le mois de mai 1981 dans le bassin de la Dyle à Bousval, on peut évaluer la charge naturelle du bassin. La superficie du bassin versant est dans ce cas de 40.13 km² et le débit massique moyen de 16 g/sec. On peut donc estimer la charge à 12.6 T/km².an, c'est-à-dire 126 kg/ha.an.

Cette valeur est relativement faible mais elle se situe bien dans la gamme des vitesses d'érosion que l'on observe dans des rivières de bassins côtiers (faible pente) et où la couverture végétale est souvent dominée par des prairies.

Nous avons extrapolé à l'ensemble du bassin de l'Escaut cette évaluation de la charge naturelle. Cette procédure nous semble justifiée étant donné qu'il s'agit d'une région typiquement agricole et que la moyenne des pluies pour la période considérée a été de 2.8 mm/j soit 1 m/an. Cette valeur est donc très proche de la pluviosité moyenne annuelle du bassin qui est de 0.8 m/an. Les résultats obtenus figurent dans le tableau I.7. et la figure I.7.

Notons cependant qu'il ne faut pas perdre de vue que le relief plus ou moins accentué, ainsi que la distribution des terres de culture et des prairies dans les différents bassins, peuvent engendrer des modifications de la charge que nous n'avons pas prises en considération. Les données figurant dans le tableau doivent donc être considérées avec une certaine prudence.

Les concentrations des matières en suspension d'origine naturelle figurant dans le tableau ont été calculées en divisant simplement la charge solide annuelle par le débit annuel de la rivière considérée. Ceci implique que l'on ne tient pas compte des phénomènes de décantation de cette matière solide dans la

rivière. Cette hypothèse ne rend pas compte de situations ponctuelles mais se justifie à long terme, car la sédimentation n'est jamais que temporaire et les matériaux déposés en période d'étiage sont remis en suspension et transportés vers l'aval, à chaque épisode de crue. Ceci revient à considérer qu'il n'y a pas, à long terme, d'accumulation définitive des sédiments dans les rivières, ce qui est le cas à l'exception de la zone estuarienne proprement dite, où les sédiments peuvent s'accumuler et où ils sont dragués.

Dans le tableau I₇ nous avons d'autre part calculé la charge, en équivalent-habitants, de la matière en suspension d'origine naturelle et nous l'avons comparée au nombre d'habitants du bassin considéré. Cette comparaison permet d'apprécier l'importance relative des apports naturels et domestiques. On peut constater qu'en moyenne les apports liés aux seules activités domestiques sont de même ordre de grandeur que l'érosion naturelle.

TABEAU I;7. : Contribution des différents bassins à l'apport de
matières solides d'origine naturelle.

BASSIN	DEBIT m ³ /sec	SUPERFICIE km ²	CHARGE T.solide/an	CONCENTRATION mg/l	CHARGE 10 ³ E.H.	HABITANTS 10 ³
Boven Schelde	30	6830	85 780	139.4	2611	546
Leie		3675	46 160		1405	666
Dendre	9	1381	17 340	61.1	528	441
Zenne	11	1150	14 440	41.6	440	1353
Dyle	24	3420	42 950	56.7	1307	886
Nete	17	1605	20 160	37.6	614	504
Zee Schelde	(9)	3519	44 190	155.7	1345	1435
<u>Total</u>	100	21 580	271 030	85.9	8251	5831

BASSIN DE L'ESCAUT

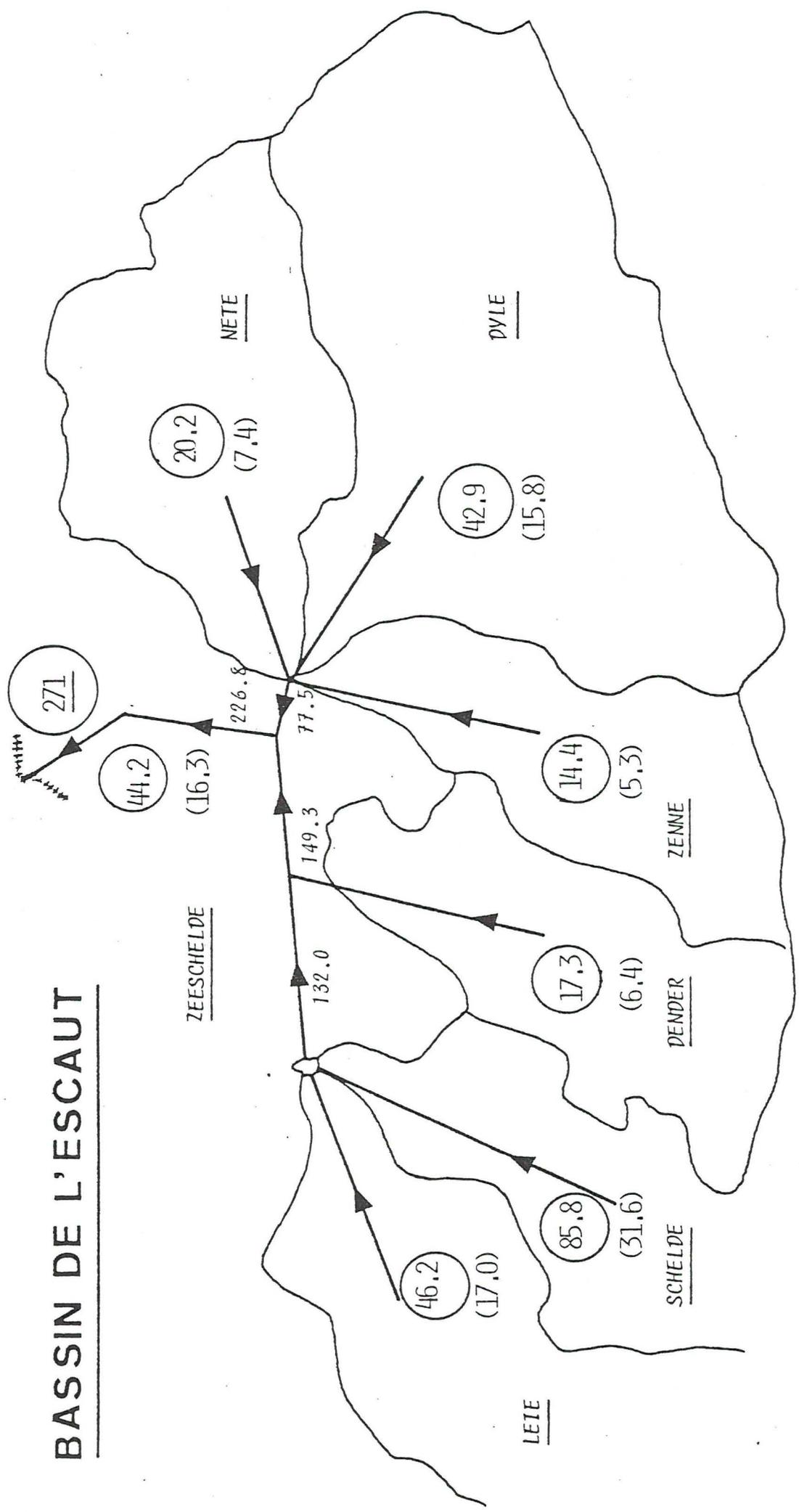


Figure 1₇ : Apport de matières solides d'origine NATURELLE dans le bassin de l'Escaut en 10³ tonnes/an et contribution relative (en %).

I.3. EVALUATION DE LA CONTRIBUTION D'ORIGINE INDUSTRIELLE

En ce qui concerne la contribution industrielle, il n'existe pas de mesures directes de la quantité de matières solides dans les effluents industriels qui soient exploitables en vue d'établir un bilan de ces apports dans le bassin hydrographique de l'Escaut. En particulier, ces données ne figurent pas dans le rapport Moortgat.

On en est dès lors réduit à faire une évaluation basée sur la distribution du nombre d'équivalent-habitants correspondant aux activités industrielles du bassin et d'admettre que la teneur en solide des eaux usées industrielles est voisine de celle des eaux domestiques.

Bien que cette démarche entraîne une incertitude manifeste sur le bilan des matières solides, il faut toutefois remarquer que dans le cas de la Senne, un bilan effectué sur cette base, entre Lot et Epegem, et présenté au chapitre I.2. fournit des valeurs fort proche de celles mesurées. En effet, l'écart entre les valeurs mesurées et calculées n'est que de 10% alors que la contribution industrielle dans ce cas est de l'ordre de 40%.

Les documents suivants ont été utilisés pour évaluer la charge résultant des activités industrielles:

- H. DE SCHEPPER, Dr. Sc., 1976. *De Chemische en Fysico-chemische verontreiniging van de Dyle.*
- E. LAURENT. *Monographie du bassin de la Dyle*, première partie, deuxième partie, troisième partie. Ministère de la Santé Publique et de l'Environnement.

- J.C.J. NIHOUL et C. BOELEN, 1977. *Niveaux de pollution du réseau hydrographique et de la zone côtière belge*. Recueil des données. Tome B : Escaut, Yser et affluents. Projet Mer. Rapport final. Vol. 11, C.I.P.S. Bruxelles.
- P. VANDEVELDE, J.P. VANDERBORGHT, A. VAN der BEKEN, R. WOLLAST et J.J. PETERS, 1975. *De verontreiniging van het stroomgebied van de Dender*.
- L. VAN GEYSTELEN et E. VERHOEVE, H. DE SCHEPPER. *De Waterkwaliteit van de Schelde*. Période 1977-1978.
- *De waterverontreiniging in het Denderbekken*
D. VERHOEVE, Dr. Sc., 1976. Deel I - *Potentiële verontreinigingsbronnen*.
D. VERHOEVE et K. DE BRABANDER, 1977. Deel II - *Fysico-chemische onderzoek*.
- *Aperçu qualitatif de quelques eaux superficielles belges en 1978*. Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie.
- *Statistiques des quantités d'eau prélevées en 1979 pour la distribution d'eau*. Juillet 1980. Ministère de la Santé Publique et de la Famille.
- *De waterkwaliteit van de Schelde met nadruk op het Antwerp gewest*. Arrondissement Christelijk Werkersverbond. (1977).
- *Belasting van het belgische hydrografisch Net door lozing van afvalwater*. Synthèse Rapport. Ministerie van Volksgezondheid en van het Gezin. Ingenieursbureau M. MOORTGAT.

Les valeurs du nombre d'équivalent-habitants des activités industrielles sélectionnées ici et le calcul des charges associées sont reprises dans le tableau I.8. et la figure I.8. Les concentrations sont comme précédemment calculées en divisant la charge annuelle par le débit annuel, en négligeant les phénomènes de sédimentation temporaire.

Une comparaison du nombre d'équivalent-habitants lié à l'activité industrielle et du nombre d'habitant permet d'apprécier l'importance relative des activités industrielles et domestiques.

Dans la plupart des bassins, ces contributions sont équivalentes à l'exception de la zone portuaire anversoise où la contribution industrielle est très nettement dominante. Il faut d'ailleurs remarquer que cette zone représente plus de la moitié de l'activité industrielle du bassin hydrographique de l'Escaut exprimée en nombre d'équivalent-habitants.

BASSIN	DEBIT MOYEN m^3/sec	CHARGE 10^3 E.H.	CHARGE T/an	CONCENTRATION mg/l	SUPERFICIE km^2	DENSITE T/an. km^2	HABITANTS 10^3
Boven Schelde	30	446	14 650	38	6830	2.14	546
Leie		658	21 610		3675	5.88	666
Dendre	9	1018	33 440	118	1381	24.21	441
Zenne	11	985	32 360	93	1150	28.14	1353
Dyle	24	705	23 160	31	3420	6.77	886
Nete	17	340	11 170	21	1605	6.96	504
Zee Schelde	(9)	4693	154 170	543	3519	43.81	1435
<u>Total</u>	100	8845	290 560	92	21 580	13.46	5831

TABEAU I.8. : Contribution des différents bassins à l'apport de matières solides d'origine industrielle.

BASSIN DE L'ESCAUT

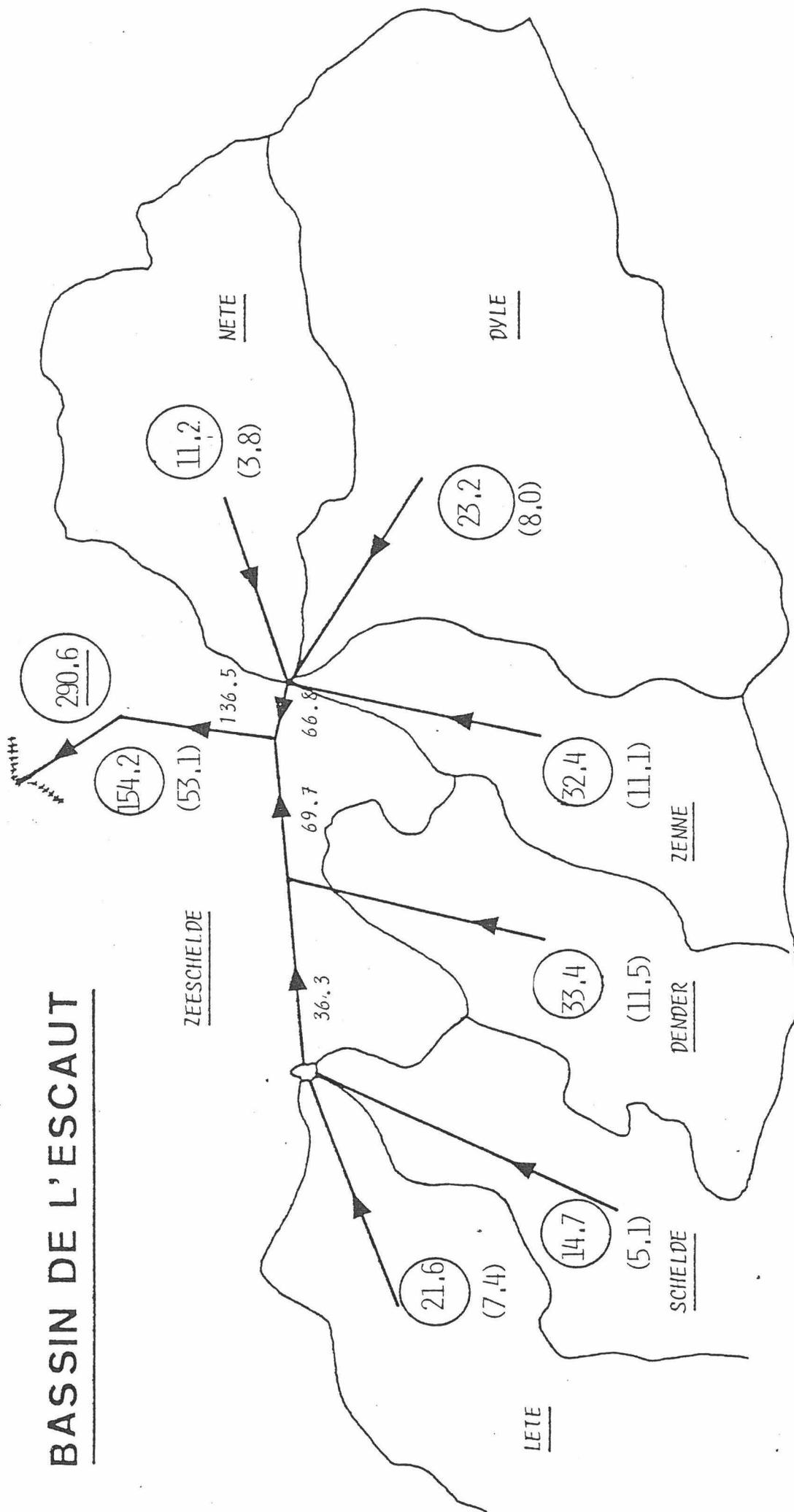


Figure 18 : Apport de matières solides d'origine INDUSTRIELLE dans le bassin de l'Escaut en 10³ tonnes/an et contribution relative (en %).

I.4. CONTRIBUTIONS TOTALES RELATIVES A CHAQUE BASSIN

Le Tableau I.9. et la figure I.9. reprend les apports de solides d'origine domestique, industrielle et agricole dans l'ensemble du bassin de l'Escaut.

Si on se réfère tout d'abord aux contributions relatives de chacune des activités on obtient respectivement:

charge naturelle	:	36%
charge domestique	:	25%
charge industrielle	:	39%

Si on considère la distribution géographique de l'origine de ces charges pour l'estuaire de l'Escaut, on obtient les contributions relatives suivantes:

Haut Escaut	:	36%
Rupel	:	31%
Zone estuarienne	:	33%

Le Tableau I.10. indique d'autre part les concentrations de matières en suspension moyennes calculées en divisant la charge annuelle par le débit annuel, en négligeant les phénomènes de sédimentation dans la rivière. Rappelons que dans le cas de la zone marine, on ne prend en considération que le débit d'eau douce, ce qui explique le chiffre élevé que l'on obtient pour cette zone. Pour comparer cette valeur à celles mesurées, on devrait théoriquement tenir compte du facteur de dilution par l'eau de mer mais qui varie tout au long de l'estuaire.

Enfin nous avons indiqué à titre indicatif la charge annuelle par habitant et la charge annuelle par unité de surface de chacun des bassins.

BASSIN	DEBIT m ³ /sec	SUPERFICIE km ²	HABITANTS 10 ³	C H A R G E (Tonne.solide/an)			<u>Total</u>
				Domestique	Industriel	naturel	
Boven Schelde	30	6830	546	17 910	14 650	85 780	118 340
Leie		3675	666	21 870	21 610	46 160	89 640
Dendre	9	1381	441	14 490	33 440	17 340	65 370
Zenne	11	1150	1353	44 370	32 360	14 440	91 170
Dyle	24	3420	886	29 100	23 160	42 950	95 210
Nete	17	1605	504	16 560	11 170	20 160	47 890
Zee Schelde	(9)	3519	1435	47 140	154 170	44 190	245 500
<u>Total</u>	100	21580	5831	191 440	290 560	271 030	753 030

TABLEAU I.9.: Apport de solide d'origine domestique, industrielle et naturel dans

l'ensemble du bassin de l'Escaut.

C H A R G E T O T A L E							
BASSIN	DEBIT m ³ /sec	SUPERFICIE km ²	HABITANTS 10 ³	CHARGE TOTALE T.solide/an	CONCENTRATION MOYENNE mg/l	CHARGE HABITANT Tonne/an	CHARGE Km ² Tonne/an.
Boven Schelde } Leie } Dendre } Zenne } Dyle } Nete } Zee Schelde } Total	30 9 11 24 17 (9) 100	6830 3675 1381 1150 3420 1605 3519 21580	546 666 441 1353 886 504 1435 5831	118 340 } 89 640 } 65 370 91 170 95 210 47 890 245 500 753 030	219.8 230.3 262.8 125.8 89.3 865 238.8	0.217 0.135 0.148 0.067 0.107 0.095 0.171 0.129	17.33 24.39 47.34 79.28 27.84 29.84 69.76 34.89

TABLEAU I.10 : Apport TOTAL de matières solides d'origine domestique, industrielle et naturel ,
dans le bassin de l'Escaut.

BASSIN DE L'ESCAUT

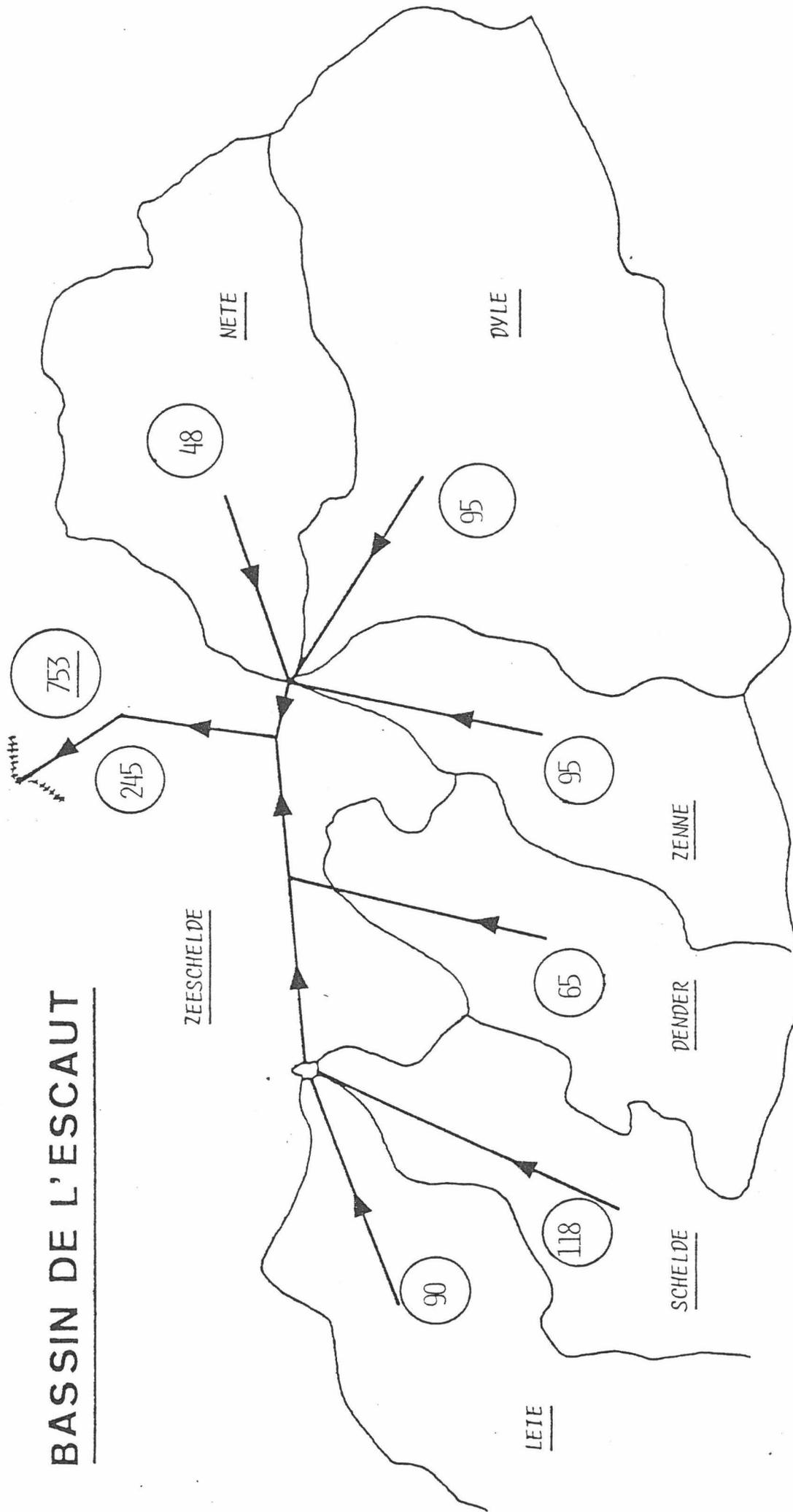


FIGURE I₉ : Apport TOTAL de matières solides d'origine domestique, industrielle et naturel, dans le bassin de l'Escaut en 10³ tonnes/an.

II. DISTRIBUTION DES TURBIDITES DANS L'ESTUAIRE ET EVALUATION DU TRANSPORT DES SOLIDES

II.1. INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre est de comparer les estimations effectuées dans la première partie de ce travail aux observations dont on disposait ou qui ont été faites au cours du présent travail, soit dans l'Escaut, soit dans ses affluents.

A cet effet, il nous a tout d'abord paru intéressant de collecter et de discuter l'ensemble des profils longitudinaux de turbidité dont on disposait pour l'estuaire de l'Escaut. Rappelons qu'il s'agit de mesures par filtration de matières en suspension, dans des échantillons d'eaux de surface, prises le plus généralement à l'étale de marée basse. Ce type de mesure a été très largement utilisé par de nombreux auteurs pour évaluer le transfert de solides des continents vers les océans et nous examinerons dans quelle mesure cette démarche est correcte et peut s'appliquer à l'estuaire de l'Escaut. A cet égard, nous discuterons plus particulièrement de l'occurrence des maxima de turbidité que l'on observe dans l'estuaire et dont la position fluctue fortement en fonction du débit d'eau douce d'amont.

Nous examinerons ensuite les évaluations existantes concernant les apports et les transports de matières solides dans l'Escaut. Elles seront complétées par d'autres estimations basées sur l'analyse des profils de turbidité ainsi que sur les mesures de centrifugation en continu réalisées en cours du présent travail.

Finalement, nous comparerons les valeurs ainsi obtenues aux calculs des charges de matières solides d'origine naturelle, domestique et industrielle, effectuées dans le chapitre I de ce rapport.

II.2. INVENTAIRE DES DONNEES EXISTANTES EN MATIERE DE TURBIDITE DANS L'ESCAUT

On dispose d'un grand nombre de profils longitudinaux de turbidité et d'autres paramètres physiques ou chimiques effectués depuis 1970 conjointement par le Laboratoire de Recherches Hydrauliques de Borgerhout et notre laboratoire. Les mesures antérieures à 1973 sont trop fragmentaires et n'ont pas été retenues. L'ensemble des données sélectionnées sont reprises dans le Tableau II.1. Les figures reprises dans l'annexe 1, montrent l'évolution des profils de turbidité et de salinité de l'ensemble des différentes campagnes de mesure réalisées à marée basse. Les débits d'eau douce à Anvers sont indiqués pour chacun de ces profils.

Afin de mettre en évidence les tendances moyennes et l'influence du débit sur les profils de turbidité, nous avons représenté dans les figures II.1. la distribution longitudinale de la turbidité et de la chlorinité à marée basse pour différentes catégories de débit.

Enfin, compte tenu du caractère fort fluctuant des mesures instantanées de la turbidité nous avons procédé à un lissage des profils longitudinaux en calculant une moyenne flottante pondérée sur cinq points. Les figures II.2. montrent les profils ainsi obtenus pour différentes conditions de débits d'amont.

A quelques rares exceptions près, les profils longitudinaux exhibent au moins un maximum de turbidité, caractéristique des estuaires à mélange vertical élevé. Lorsque les débits dépassent $70 \text{ m}^3/\text{sec}$ on observe souvent deux maxima de turbidité, le deuxième étant vraisemblablement dû à une remise en suspension.

Il faut noter que la position de ces maxima fluctue fortement en fonction du débit d'amont : elle se situe à 110 km de l'embouchure

pour les débits les plus faibles et à moins de 50 km en période de crue. Si on examine la chlorinité au maximum de la turbidité, on constate que celle-ci peut fluctuer de 0.3 à 6.6‰ et il ne semble pas que ce facteur soit déterminant dans la position maximum. Par contre si on examine la vitesse résiduelle moyenne, obtenue en divisant le débit d'eau douce au point considéré par la section mouillée moyenne, on constate qu'au maximum de turbidité cette grandeur est assez constante (figure II.3). Elle vaut environ 1.5 cm/sec pour le premier maximum et de 2 à 3 cm/sec lorsqu'apparaît un deuxième maximum de turbidité.

En fait Gibbs (1977) avait déjà observé qu'il existait une relation simple entre la position du maximum de turbidité dans divers estuaires et la vitesse résiduelle moyenne. D'après cet auteur, pour des vitesses de l'ordre de quelques cm/sec la position moyenne du maximum se situe à environ 60 km de l'embouchure ce qui est approximativement le cas de l'Escaut. Nos résultats montrent que ce concept peut être généralisé pour un estuaire donné et qu'il permet de prévoir la position du maximum en fonction du débit d'amont.

Tableau II.1.: Profils longitudinaux de turbidité et autres paramètres physiques ou chimiques effectués de 1973 à 1980 par le Laboratoire de Recherches Hydrauliques de Borgerhout et notre laboratoire. La localisation des points de prélèvement est détaillée à la page 64.

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1.65	0.996	0.697	0.564	0.505	0.477	0.432	0.392	0.368	0.362	0.356	0.355	0.342	0.338	0.341	0.335	0.331	0.330	0.338
2.53	-	-	-	-	1.12	0.961	0.645	0.520	0.446	0.395	0.378	0.342	0.335	0.330	0.325	0.325	0.330	0.342
4.5	3.55	3.29	2.69	2.15	1.93	1.54	0.996	0.802	0.576	0.490	0.456	0.553	0.343	0.330	0.330	0.337	0.337	0.347
1.2	0.70	0.50	0.43	0.38	0.34	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.32
2.1	1.4	1.1	0.84	0.59	0.56	0.47	0.44	0.41	0.40	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.35
6.6	6.1	5.7	4.9	4.5	3.5	3.0	2.5	2.0	1.7	1.1	1.1	0.75	0.87	0.80	0.78	0.72	0.61	0.61
5.6	4.7	3.8	2.6	2.5	1.9	1.5	1.3	1.1	1.0	0.89	0.89	0.85	0.77	0.77	0.64	0.62	0.63	0.61
4.3	4.1	3.5	2.6	1.7	-	1.1	0.96	0.84	0.77	0.71	0.68	0.62	0.56	0.53	0.53	0.48	0.46	0.45
88.6	66.0	60.0	66.0	76.0	169	125	153	145	123	119	111	117	105	65	88	84	78	58
142.5	162.0	277.3	82.6	81.0	41.0	37.5	158.6	130.6	58.6	60.5	71.3	66.5	44.0	37.5	86.6	47.3	32.0	29.0
68.6	70.6	87.3	49.3	62.0	84.7	50.6	51.3	49.3	40.7	28	-	50.7	21.3	22.7	27.3	22.0	28.0	23.3
104	100	223	172	174	211	146	90	161	204	124	76	119	132	253	129	157	118	59
60.0	112	122	96.0	78.0	101	97	134	101	132	108	155	163	160	209	153	94	96.1	91.2
3.5	5.9	6.3	6.1	6.3	-	6.4	6.5	6.3	6.5	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.3	7.4	8.0
8.0																		
9.3	9.5	9.5	9.9	9.9	9.9	9.9	9.8	9.6	9.6	9.5	9.5	9.3	9.2	9.3	9.3	9.4	9.5	10.0
15.0	14.4	14.5	14.6	14.3	14.2	14.3	14.2	14.2	14.5	14.5	14.8	15.0	15.0	15.0	15.1	15.3	15.6	16.0
21.3	21.2	21.0	21.0	21.1	21.0	21.3	21.0	21.0	21.3	21.3	21.5	21.7	21.8	21.8	22.0	22.3	22.6	22.8
22.4	22.5	22.7	22.9	23.2	23.7	23.7	23.6	23.7	23.9	23.8	23.6	23.9	23.7	23.8	23.8	23.9	24.0	24.0
21.3	21.0	21.0	21.0	21.0	21.5	21.5	21.2	21.0	20.7	20.7	20.8	20.8	20.7	20.7	20.7	20.6	20.6	20.8
15.0	14.2	14.0	14.1	14.0	14.0	14.0	13.9	13.5	13.3	13.1	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.2	13.2	14.0
0.8	0.0	0.7	0.6	0.8	0.5	0.7	0.6	-	0.7	0.6	0.8	0.7	0.4	0.2	0.6	0.4	0.1	0.1
3.1																		
2.4	2.0	3.1	1.6	1.4	1.2	1.4	1.6	1.2	1.3	1.3	1.5	1.3	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	0.9
0.9	1.2	1.1	1.2	0.9	1.2	1.4	1.1	0.4	0.6	0.3	0.6	0.4	1.1	0.9	1.3	1.2	1.4	1.6
1.4	1.7	1.3	1.3	0.9	1.2	1.2	1.1	0.9	1.5	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	1.4	0.9	0.6
-	-	-	-	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4	7.4	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.5	7.5
0.70	0.65	0.70	0.70	0.65	1.2	0.80	0.50	0.45	0.40	0.40	0.35	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20
190	165	135	135	140	-	110	100	110	125	140	200	230	240	235	235	235	240	240
127	-	-	-	-	135	137	152	154	148	152	127	146	154	122	152	151	132	136
205	230	200	210	185	200	190	110	140	80	50	75	57	60	70	75	110	210	265
80	45	40	40	40	25	45	50	70	55	70	65	70	80	100	130	160	210	265
95	30	67	60	40	32	10	5	-10	-8	-15	-18	25	38	55	85	80	105	115

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
7.1	6.7	6.3	7.2	7.3	7.4	6.8	7.3	7.3	7.7	7.7	7.8	7.7	7.9	-	-	-	-	-
7.24	-	-	-	-	7.2	7.2	7.16	7.15	7.16	7.15	7.14	7.11	7.16	7.22	7.28	7.26	7.25	7.25
7.4	7.4	7.4	7.4	7.3	7.4	7.3	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.3	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
1.6	1.1	0.9	0.7	0.6	0.6	0.7	1.3	0.5	0.6	0.3	0.5	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.6	0.6
7.35	7.40	7.45	7.5	7.1	7.4	7.4	7.4	7.4	7.3	7.3	7.35	7.40	7.40	7.45	7.45	-	-	-
4.28	4.12	3.96	4.32	4.52	4.88	4.52	3.28	3.40	3.36	2.60	2.72	2.60	2.20	2.00	2.60	2.40	1.60	2.28
3.48	-	-	-	-	1.68	1.92	2.04	2.08	2.36	2.40	2.36	3.72	2.88	2.40	2.52	1.32	1.36	2.04
3.68	3.64	5.68	5.20	5.84	8.08	6.28	5.40	6.84	11.76	6.00	5.48	5.20	5.36	-	4.12	5.68	5.00	3.56
2.88	3.52	3.76	4.00	5.28	4.72	5.04	6.50	5.84	5.76	6.72	6.56	7.76	7.52	8.08	7.04	6.08	3.52	3.84
3.25	2.53	3.93	4.95	4.74	4.99	3.84	4.10	4.40	4.27	4.52	4.40	3.72	3.97	-	2.56	2.87	3.00	1.98
11.37	11.60	12.40	12.56	12.80	20.16	15.04	17.28	15.36	14.40	12.16	12.16	12.80	11.36	9.60	11.20	10.70	9.12	11.84
7.76	-	-	-	-	4.96	5.12	4.48	4.96	7.20	5.76	6.88	8.48	8.40	5.28	5.36	7.04	7.60	5.20
14.2	16.4	19.6	18.4	21.6	25.4	20.0	17.8	22.8	27.0	21.2	17.4	17.4	-	24.2	15.6	28.6	-	16.2
11.8	12.3	11.0	12.5	12.2	13.4	15.6	17.4	18.0	16.8	20.8	19.2	22.6	24.4	23.8	21.8	20.2	10.0	-
11.1	14.5	17.1	17.4	15.9	17.8	17.2	15.7	17.0	17.4	17.6	17.1	14.4	14.0	-	9.61	12.0	9.10	11.8
-	-	-	-	-	-	72	88	-	80	-	76	64	-	92	-	84	-	-
56	-	-	-	-	70	22	34	38	38	38	34	60	58	38	30	38	60	58
-	-	-	42	-	44.8	-	42	-	40.6	-	44.6	-	58.6	-	40.8	-	32.6	-
64	56	68	52	56	54	55	58	53	46	42	-	51	50	50	50	47	50	47
56	49	71	61	56	67	74	56	88	73	59	52	54	59	81	51	63	54	43
13.0	14.0	15.0	14.8	14.8	14.8	15.0	15.4	-	15.2	15.2	15.2	15.0	15.0	15.0	15.0	14.8	14.8	14.8
8.0	-	-	-	-	-	12.0	12.2	12.4	12.4	12.6	12.6	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
10.0	10.3	10.7	11.2	11.2	11.3	11.3	10.7	11.2	11.3	11.3	11.3	11.3	10.6	10.6	10.8	11.0	11.5	12.0
6.3	10.0	10.6	11.5	10.4	10.9	11.8	11.8	11.0	8.6	10.7	11.0	11.0	11.0	11.8	10.8	12.2	11.4	12.5
6.7	6.75	7.8	8.3	8.5	8.2	8.8	10.3	11.0	9.8	11.8	12.3	12.3	11.8	11.8	13.1	14.4	16.2	15.0
6.1	7.75	8.35	9.6	10.0	13.0	13.5	12.4	13.4	15.3	14.9	14.9	14.7	14.1	15.3	15.3	15.0	17.7	17.7

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
0.89	0.54	0.47	0.39	0.61	0.60	0.60	0.59	0.60	0.60	0.61	0.62	0.62	0.62	0.63	0.63	0.64	0.65	0.44
0.51																		
0.46	0.99	0.82	0.61	0.55	0.499	0.431	0.389	0.363	0.363	0.338	0.347	0.326	0.313	0.288	0.280	0.280	0.277	0.272
3.27	2.08	1.66	1.23	1.01	0.83	0.71	0.63	0.54	0.52	0.49	0.47	0.46	0.43	0.42	0.42	0.40	0.42	0.49
-	0.32	0.26	0.25	0.25	0.239	0.239	0.23	0.23	0.252	0.244	0.225	0.251	0.258	0.237	0.260	0.263	0.260	0.270
0.27	0.27	0.24	0.24	0.2	0.2	0.17	0.18	0.17	0.16	0.18								
0.40																		
0.23	0.23	0.22	0.22	0.22														
60	86	86	71	69	24	63	45	48	38	27	54	53	59	61	81	61	63	63
139.0	144.0	174.0	57.0	64.0														
40.0	28.5	20.0	18.5	14.5	97.5	34.0	76.0	60.0	75	169.5								
177.75																		
25.0	9.0	37.5	27.5	23.5														
8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	8.5	8.0	7.5	8.0	8.0	8.0	8.5	8.5
12.0																		
13.1	13.0	13.0	13.1	13.1	12.8	12.8	12.7	12.8	12.8	12.8	12.5	12.5	12.5	12.9	13.0	13.0	13.5	13.5
20.2	20.2	20.3	20.2	20.3	20.0	20.0	20.0	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0	20.5	20.8	20.4	20.6	20.9	21.2
-	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.2	11.1	11.1	11.2	11.2	11.4	11.3	11.6	11.3	11.3	11.7	11.1	12.2
10.3	10.3	20	10.3	10.3	10.3	10.3	10.2	10.1	10	10.1								
10.1																		
6.8	6.8	6.8	6.8	6.7														
0.74	0.78																	
2.5	3.1	2.1	3.1	1.2	1.5	1.35	1.15	1.20				0.95	1.2	0.68	1.1	0.95	0.74	1.3
0.85	-0.85	0.85	0.75	0.50	1.55		1.20	0.92	0.88	0.98	0.44	0.53	0.69	0.62	0.60	1.19	0.72	0.75
	-0.75	0.80	1.05	1.15	1.2	0.8		0.8	1.0	0.75	1.25	1.3	1.3	2.85	2.4	2.2	2.95	2.1
260	197.5	165	160	150	130	135	145	125	145	145	130	150	170	180	185	185	185	230
140	110	90	40		160	120	70	60	60	60	40	110	90	210	130	160	150	170
	350	340	320	320	340	320	320	315	290	280	280	310	290	280	300	260	285	275

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
0.3 0.3	0.39 0.3	0.28 0.3	0.27 0.3	0.27 0.3	0.27 0.3	0.27 0.3	0.27 0.3	0.26 0.3	0.26 0.3	0.27 0.3	0.27 0.3	0.27 0.3	0.26 0.3	0.25 0.3	0.25 0.3	0.27 0.3	0.27 0.3	0.27 0.3
1.2 1.7	0.9 1.4	0.8 0.70	0.6 0.70	0.4 0.50	0.4 0.50	0.4 0.50	0.4 0.40	0.35 0.40	0.35 0.40	0.9 0.32 0.40	0.9 0.31 0.40	0.9 0.30 0.30	0.9 0.29 0.30	0.9 0.29 0.30	0.9 0.29 0.30	0.9 0.29 0.30	0.9 0.29 0.30	0.9 0.3 0.30
3.3	2.9	2.3	1.8	1.2	0.10	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
7.10 6.3	7.05 6.0	7.1 6.1	7.1 6.0	7.1 6.0	7.1 6.0	7.1 6.5	7.2 6.5	7.1 6.5	7.2 6.5	7.1 6.5	7.4 7.0	7.4 7.0	7.7 7.0	7.8 7.0	7.7 7.0	7.7 7.5	8.1 7.5	8.4 8.0
		20.1	20.1	19.9	19.8	16.5 19.8	16.7 19.9	20.0	16.7 22.2	16.3 22.2	16.7	16.5 20.5	17.2 20.8	17 20.4	17.5 21.1	17.7 21.2	17.9 21.2	18.0 22.0
		13.0			12.5	12.4	12.4	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.2	12.2	12.8	13.0	13.1	13.2
1.13. 1.7	1.4	1.28 1.7	0.80 1.0	1.12 3.0	1.28 2.8	1.60 2.3	1.44 1.8	1.52 2.3	2.16 1.9	2.64	2.64 3.0	2.56 2.8	2.80 3.1	3.04 4.0	2.72 3.8	4.24 4.0	3.84 5.3	3.92 5.2
1.9 1.18 0.2	2.0 0.2	1.9 1.64 0.0	2.1 0.9	2.1 1.98 0.4	1.5 1.41 0.4	1.55 1.17 0.5	1.6 0.77 0.1	2.1 1.6 0.1	2.4 1.15 0.1		3.2 1.28 0.0	3.5 1.18 0.0	3.8 1.12 0.5	3.9 0.7	3.6 2.2 0.0	4.0 0.96 0.3	4.0 1.95 0.35	4.0 2.36 0.3
0.9	0.85	1.15	0.9	0.8	1.5	0.8	(1.25)	(1.25)	0.35	0.95	0.7	0	0	0	0	0	0	0
330 318	330 290	390 275	350 270	368 320	360 310	355 280	350 270	348 280	355 300	340 290	345 300	355 300	365 310	348 340	345 350	365 345	370 330	380 350
370	375	345	363	370	365	350	340	338	340	350	350		370	375	370	375	375	380
180	160	155	115	70	85	50	40	70	80	320	320	330	320	310	320	320	320	320
170	115	105	70	0	60	15	40	30	25	40	35	(100)	(90)	0	45	40	60	120
7.15. 7.15	7.20 7.10	7.22 7.10	7.20 7.10	7.20 7.0	7.20 7.0	7.10 6.95	7.12 7.0	7.20 7.0	7.22 7.0	7.20 7.0	7.30 7.10	7.42 7.15	7.30 7.20	7.32 7.25	7.30 7.25	7.30 7.30	7.30 7.30	7.30 7.30
7.85		7.85	7.75	7.75					7.7									
	7.9						7.9											
7.37	7.38	7.38	7.39	7.44	7.6	7.6		7.65	7.55	7.7	7.5	7.8	7.8				7.8	7.9

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2.38	1.82	1.07	0.70	0.60	0.54	0.47	0.42	0.36	0.34	0.33	0.33	0.31	0.30	0.30	0.30			
2.53	2.13	1.65	1.09	1.07	0.84	0.71	0.63	0.51	0.47	0.44	0.43	0.38	0.36	0.34	0.32	0.32	0.33	0.36
4.85 6.30	3.57	2.26	1.15	0.99	0.8	0.48	0.22											
4.55	3.53	2.84	1.93	1.70	1.50	1.27	1.12	0.89	0.82	0.75	0.68	0.59	0.49	0.46	0.40	0.37	0.35	0.35
6.14	5.18	3.98	3.25	2.78	2.52	2.17	1.72	1.28	1.03	1.05	1.06	0.99	0.49	0.40	0.37	0.37	0.35	0.35
6.96	6.14	4.12	3.29	2.80	2.61	2.12	1.63	1.37	1.27	1.14	1.09	0.99	0.84	0.78	0.70	0.56	0.49	0.42
6.5 5.75 3.03 2.81	5.76 3.57 2.2 1.69	5.20 2.94 1.75	4.10 2.01 0.7	3.81 1.53 0.41	3.18 1.21 0.35	2.69 0.86 0.13	2.33 0.60	1.86 0.094	1.41 0.094	1.03 0.030	0.92 0.030	0.74	0.67					
52	34	26	22	71	156	133	132	104	113	437	8	313	61	154	13			
105	77	77	80	70	167	162	130	121	106	118	180	87	76	316	86	80	65	50
105 86	77	86	167	220	167	220	176											
58	110	250	222	238	285	352	237	337	434	553	623	7.23	676	904	183	385	219	153
86	101	118	110	101	98	98	115	87	61	220	347	158	436	340	121	373	58	98
116	107	119	112	99	133	112	99	101	120	343	438	332	177	418	243	162	79	203
147 53 83 77	139 32 122 209	134 110 138	170 155 102	140 171 170	138 233 408	149 181 270	156 318	218 138	151 172	442 813	405 283	587	229	286				
9.3	10.5	9.6	10	10	10	10.2	10.4	10.6	10.7	10.6	10.5	10.6	10.7	11.1	11.5			
14.6	14	12.0	12	12	12	12.1	12.2	12.1	12.3	12	12.2	12.2	12.2	12.5	12.6	12.8	13.1	13.2
17.5 17.4	17.3	17.6	17.7	17.6	17.7	17.7	17.8											
20.5	20.8	20.75	20.9	21.3	21	21.2	21.7	21.7	21.9	21.7	21.9	21.8	22.2	22.3	22.6	22.9	22.2	23.3
24.6	24.5	24.6	24.7	24.7	24.8	24.9	24.9	25.1	24.9	24.9	24.9	25.0	25.0	25.1	25.2	25.3	25.3	25.4
21.2	21.3	21.4	21.1	21.2	21.3	21.4	21.4	21.6	21.5	21.3	21.0	21.1	21.7	21.6	21.4	21.6	21.3	22.2
18.7 11.3 6.5 6.1	18.4 11.0 6.7 6.2	18.2 10.9 6.2	17.9 10.7 6.1	18 10.6 5.7	17.8 10.5 5.6	17.8 10.3 5.6	17.7 10.1	17.6 9.9	17.3 9.8	17.2 9.7	17.1	17.1	17.1	17.1				

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1.3	0.5	0.9	0.5	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	0.7	0.6	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.6	0.6	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1.3	0.6	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.4	1.7	1.6	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2.1	1.5	0.8	-	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
3.2	2.6	1.0	0.4	0.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.6	3.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	-	-	-	-	-
72	44	26	19	17	17	15	15	14	14	14	15	15	14	15	14	15	-	-
57	60	44	104	89	184	167	271	208	191	242	271	161	82	324	69	-	-	-
51	46	42	59	66	150	109	122	-	123	105	39	36	90	115	39	38	55	53
79	46	106	31	34	108	95	121	137	102	116	44	49	36	50	68	49	-	-
43	42	46	18	21	38	27	39	34	29	89	95	105	30	51	49	15	22	41
47	37	31	34	36	72	61	74	56	211	133	159	146	54	76	43	39	46	38
44	22	8	21	15	22	46	24	42	234	253	170	199	213	133	26	98	146	23
80	115	90	120	100	118	170	150	200	410	491	539	520	210	270	463	306	148	100
47	32	7	21	15	24	45	38	51	32	154	172	201	-	-	-	-	-	-
87	53	32	26	32	40	47	271	38	25	61	69	129	50	171	37	38	-	-
6.6	6.3	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.0	6.1	6.2	6.9	-	-	-
9.1	9.1	8.9	8.9	8.8	8.8	8.8	8.8	8.9	9.0	9.0	9.1	9.0	9.2	9.5	9.3	10.0	10.35	10.7
9.1	9.2	9.1	9.1	9.2	9.1	9.1	9.0	8.9	9.0	9.0	8.9	9.3	9.6	9.9	9.9	9.7	-	-
12.8	12.8	12.7	12.9	12.9	13.0	13.1	13.1	13.2	13.2	13.2	13.3	13.5	13.7	13.9	14.2	14.5	14.8	14.5
16.9	16.7	16.5	16.6	16.5	16.6	16.6	16.6	16.5	16.4	16.4	16.4	16.7	17	17.2	17.2	17.2	17.3	16.8
21	21.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.3	18.4	18.2	18.1	18.2	18	17.9	18.0	17.7	17.4	17.4	17.6	17.5	17.7	17.8	17.9	17.9	18	17.6
15.4	15.2	15.3	15	14.8	14.8	14.7	14.5	14.3	14.2	14.4	14.6	14.2	14.2	14.2	14.3	14.4	14.4	14.4
11.4	11.6	10.7	10.4	10.3	10.2	9.9	9.8	9.2	9.2	9.4	9.4	-	-	-	-	-	-	-
6.6	6.4	6.4	6.25	6.7	6.25	6.25	7.3	7.5	7.6	7.75	7.9	8.4	8.75	8.7	9.1	9.4	-	-
2.5	2.3	1.6	1.4	1.3	1.2	2	1.4	1.2	1.3	1.2	0.8	1	1.4	1.4	1.4	-	-	-
1.7	1.5	1.8	1.7	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.15	1.2	1.3
2.2	2.0	1.8	2.0	2.2	1.9	1.7	1.6	1.8	1.7	1.6	2.1	2.2	2.2	1.9	2.3	1.7	-	-
1.0	1.2	1.0	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.9	0.9	0.8	1.4	0.6	3.0
2.2	2.2	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	0.9	1.1	0.9	1.15	1.0	1.25	1.45	1.15	0.9	0.9	1.5	1.0
-	1.1	0.8	-	0.9	1.1	0.6	0.8	0.5	0	0	0	0.6	0.1	0	0.9	1.0	1.3	2.2
1.6	2.0	1.2	1.4	1.0	1.0	1.4	0.7	1.0	0.6	0.6	1.7	0.7	0.8	0.7	1.3	0.5	0.5	0.6
0.9	1.2	1.1	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7	0.8
2.0	1.4	1.2	1.4	1.4	1	1	1	0.9	1	0.9	1	1.2	-	-	-	-	-	-
2.2	1.7	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.25	7.15	-	-	7.25	7.35	7.4	7.15	7.1	7.15	7.2	7.15	7.1	7.15	7.2	7.25	-	-	-
7.15	7.15	7.3	7.25	7.4	7.4	7.45	7.45	7.45	7.5	7.45	7.4	7.45	7.35	7.3	7.3	7.3	7.6	7.2
7.4	7.4	7.6	7.7	7.2	7.35	7.3	7.2	7.2	7.1	7.1	7.05	7.1	7.1	7	7.0	6.9	-	-
7.25	7.0	7.1	7.0	7.2	7.2	7.2	7.3	7.3	7.3	7.3	7.25	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.1	7.1
7.25	7.1	7.1	7.2	7.1	7.15	7.25	7.2	7.4	7.3	7.3	7.3	7.35	7.45	7.4	7.35	7.3	7.3	7.2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4	7.5	7.45	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.6	7.4	7.3	7.5	7.6	7.4
7.3	7.3	7.4	7.5	7.4	7.5	7.4	7.5	7.4	7.55	7.4	7.4	7.4	7.55	7.5	7.5	7.45	7.55	7.5
-	9.5	7.45	7.4	7.35	7.35	7.45	7.4	7.4	7.4	7.35	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
7.3	7.3	7.35	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.45	7.3	7.3	7.3	7.35	7.3	7.3	7.3	-	-
255	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
350	340	220	250	245	245	245	245	235	195	150	145	160	205	210	220	225	230	225
290	330	230	210	295	295	340	385	350	365	320	305	360	350	325	320	260	-	-
230	270	270	240	200	180	150	120	120	120	130	200	260	290	290	280	340	230	250
275	240	285	255	230	240	230	85	0	0.5	25	25	120	150	185	25	35	30	-
330	265	100	-	140	130	100	70	60	40	50	35	60	90	100	130	200	205	240
255	255	320	210	200	150	160	180	130	100	100	120	130	250	280	300	310	250	-
-	-	230	210	160	170	125	125	135	130	130	100	135	-	-	-	-	-	-
325	320	235	280	260	240	240	220	220	220	220	220	205	215	220	230	245	-	-

PROFIL LONGITUDINAL ESCAUT

Mai 1981

	Température °C	pH	Eh	Salinité g Cl/l	Alcalinité Még/l	Oxygène Dissous mg/l	Turbidité mg/l	Calcium ₃ mg/l · 10 ⁻³	Fer mg/l
1	13	7.2	-	25.31	2.613	12.99	41.6	6.65	0.090
2	13.5	7.2	-	24.11	2.613	11.33	41.2	6.50	0.050
3	13.5	7.2	-	22.93	2.640	13.14	38.8	6.35	0.150
4	14.0	7.2	-	20.47	2.774	9.66	40.8	5.99	0.103
5	14.0	7.2	+ 390	19.19	2.834	11.60	42.0	5.82	0.129
6	14.5	7.2	+ 340	16.33	2.992	8.88	34.3	5.43	0.128
7a	14.5	7.2	+ 340	14.95	3.078	-	38.3	5.21	0.052
7b	15.0	7.6	+ 350	-	-	-	21.2	-	-
8	15.5	7.6	+ 330	11.75	3.248	7.95	20.0	4.68	0.113
9	15.5	7.5	+ 310	11.19	3.308	6.72	35.6	4.66	0.224
10	16.0	7.5	+ 295	9.99	3.350	6.32	35.6	4.46	0.210
11	17.0	7.6	+ 275	7.60	3.518	-	42.2	4.11	0.110
12	17.0	7.5	+ 265	6.34	3.658	-	37.6	3.89	0.073
13	17.0	7.4	+ 285	5.22	3.756	4.83	23.2	3.60	0.138
14	17.0	7.5	+ 290	4.79	3.816	6.16	69.2	3.54	0.207
15	17.5	7.5	+ 290	3.72	3.942	6.96	64.4	3.29	0.411
16	18.0	7.5	+ 280	2.73	4.054	2.74	32.3	3.06	0.116
17	18.0	7.5	+ 290	1.99	4.154	4.51	29.2	2.93	0.203
18	18.0	7.4	+ 290	1.35	4.388	3.33	30.0	2.78	0.152
19	15.8	7.4	+ 340	1.37	4.172	3.47	132	2.85	0.349
20	16.0	7.4	+ 370	1.36	4.180	-	83.2	2.75	0.108
21	16.2	7.4	+ 370	0.77	4.250	3.01	69.2	2.68	0.412
22	16.8	7.4	+ 380	0.48	4.294	4.06	24.4	2.58	0.187
23	17.0	7.4	+ 370	0.37	4.324	3.44	73.6	2.57	0.093
24	17.0	7.6	+ 390	0.31	4.396	-	28.8	2.55	0.139
25	17.0	7.5	+ 380	0.27	4.394	1.58	71.6	2.56	0.381
26	17.0	7.5	+ 380	0.23	4.470	3.04	53.6	2.63	0.608
27	17.0	7.5	+ 370	0.22	4.614	2.00	76.4	2.64	0.134
28	17.0	7.4	+ 355	0.22	4.738	1.63	24.4	2.66	0.371
29	17.0	7.5	+ 360	-	-	3.28	42.0	-	0.312
30	17.5	7.5	+ 350	-	-	-	79.2	-	0.230
31	18.0	7.5	+ 355	-	-	4.43	107.6	-	0.201
32	18.0	7.5	+ 355	-	-	4.14	144.0	-	0.271
33	18.0	7.6	+ 370	-	-	4.80	100	-	0.245
34	18.5	7.6	+ 365	-	-	3.70	88	-	0.184
35	18.5	7.6	+ 360	-	-	4.91	75.6	-	0.316
36	19.0	7.6	+ 350	-	-	-	48.4	-	0.198

Rem.: Février, Mars : 3 points seulement

Localisation des points de prélèvements:

<u>Numéro</u>	<u>Nom</u>	<u>Distance à l'embouchure (km)</u>
1	Breskens	2
2	Hoofdplaat	9
3	Paulina Polder	14
4	Terneuzen	20
5	Eendracht Polder	25
6	Ossenisse	31,5
7	Hansweert	35
8	Waalsoorden	39
9	Baalhoek	43
10	Marlemonscheplaat	46,5
11	Bath	51
12	Saaftinge	54,5
13	Zandvliet	57,5
14	Fort Frederik	59,5
15	Doel	61,5
16	Belgische Sluis	64,5
17	Meestoof	66,5
18	Kallo (Fort de Parel)	68,5
19	Boerenschans	71,5
20	Boomke	73,5
21	Kattendijksluis	76,5
22	St. Anna	79
23	Tunnel E 3	81
24	Burcht	83
25	Kruibeke	85
26	Hemiksem	87,5
27	Schelle	89,5
28	Rupelmonde	92
29	Steendorp	94
30	Temse	97,5
31	Weert	100,5
32	Briel	103,5
33	Mariekerke	108,5
34	Baasrode	115
35	Grembergen	119
36	Dendermonde	121,5

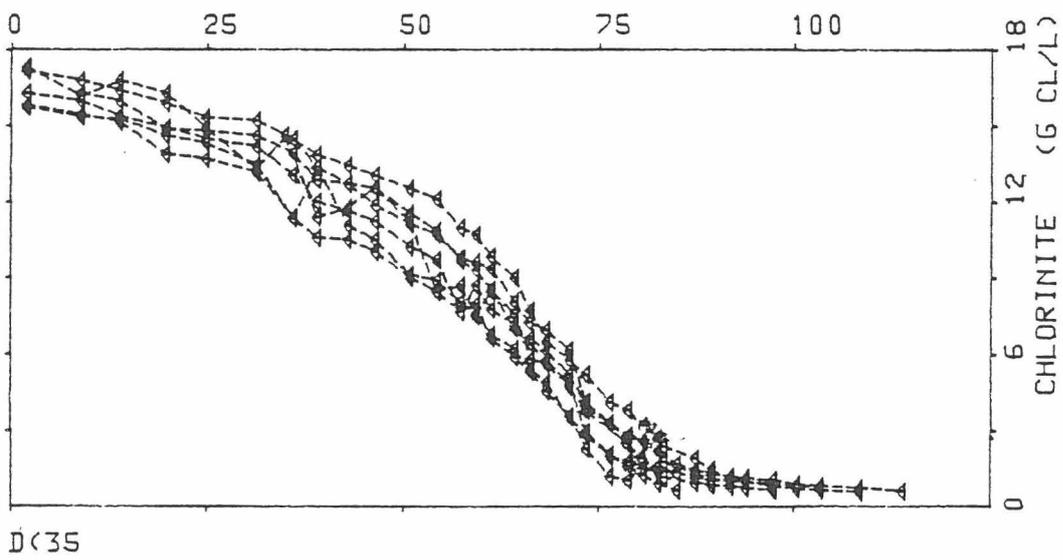
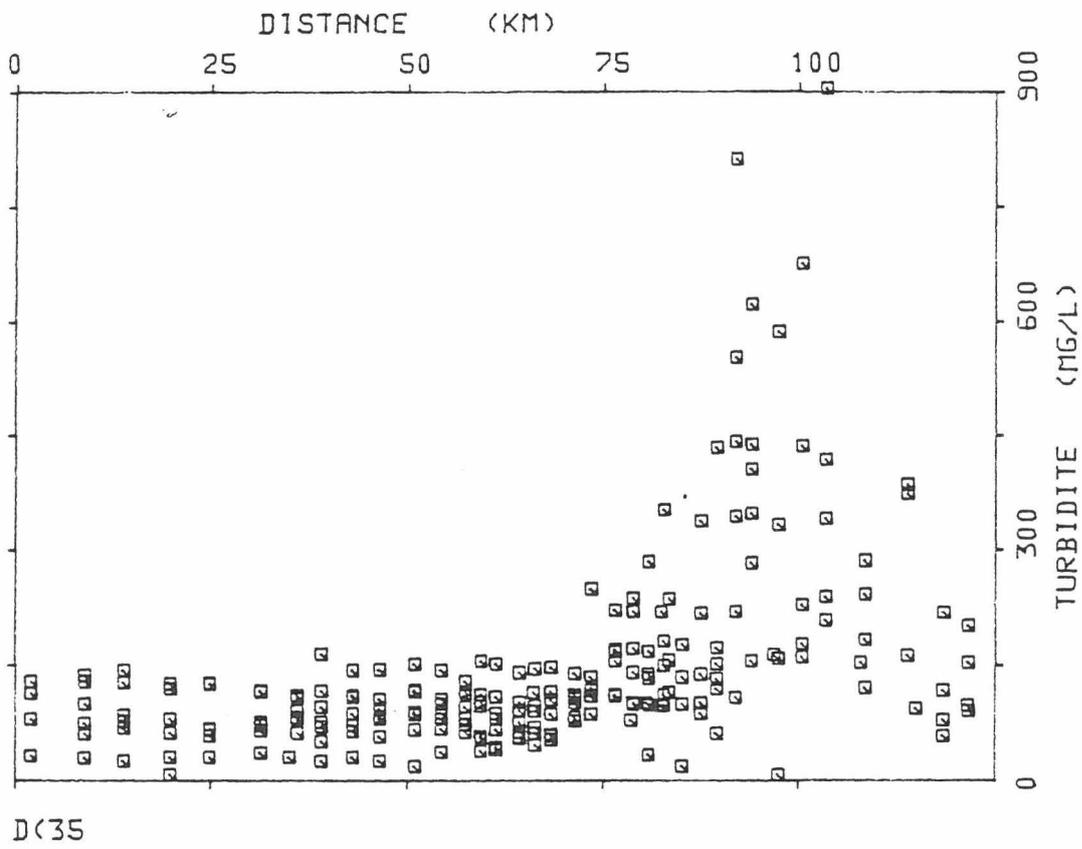


Figure II.1.: Distribution longitudinale de la turbidité et de la chlorinité à marée basse pour différentes catégories de débit.

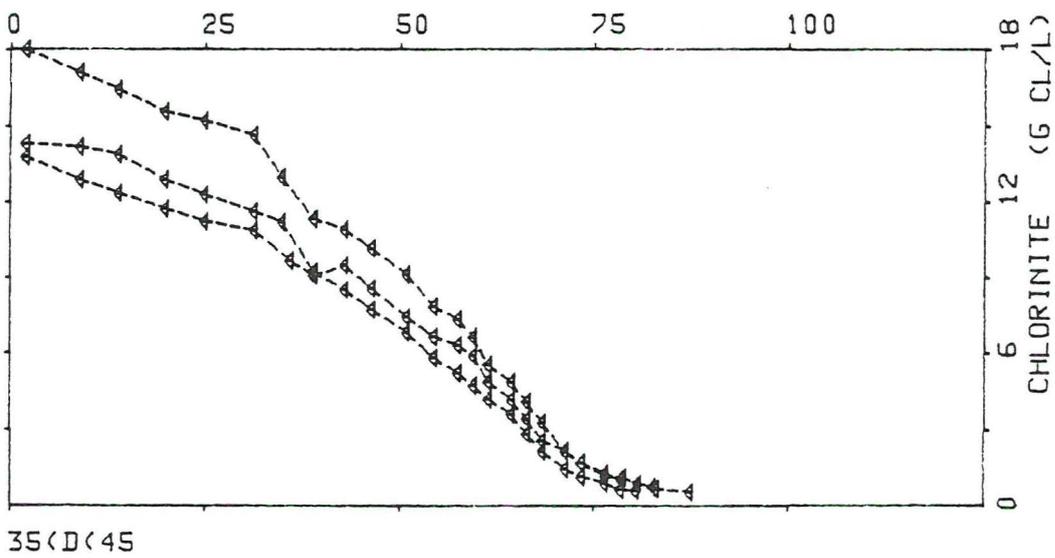
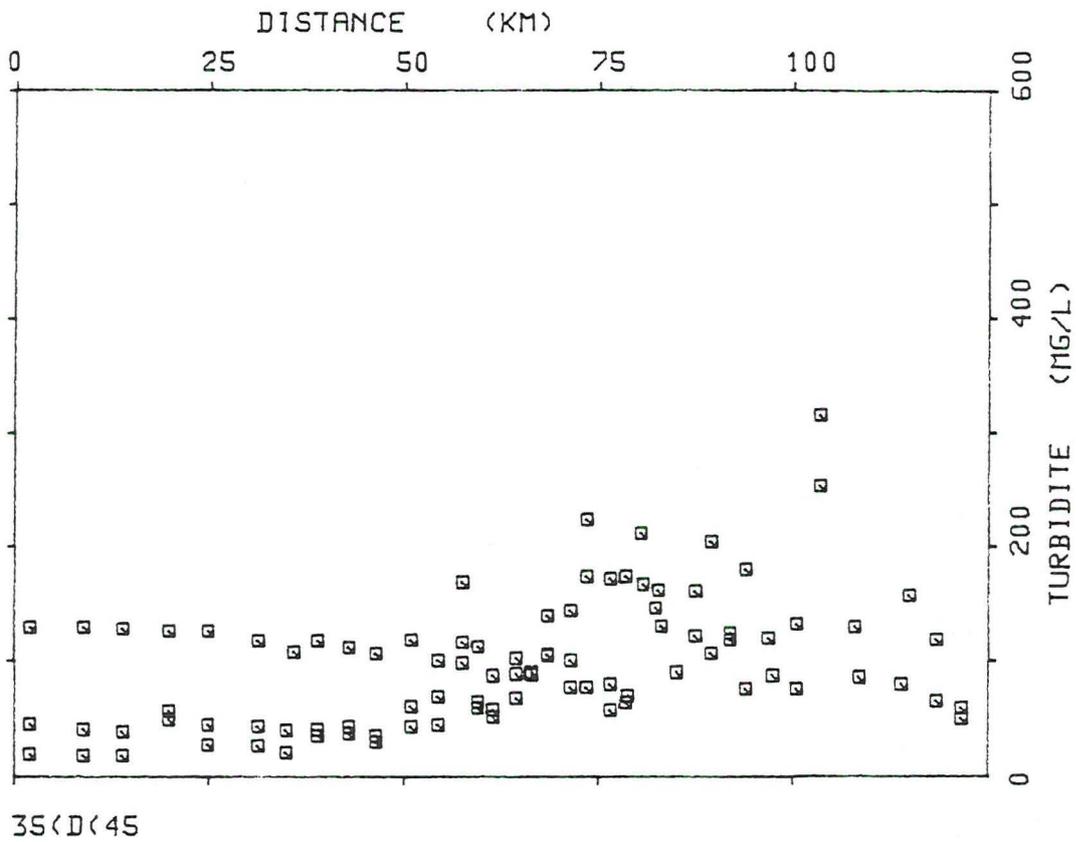
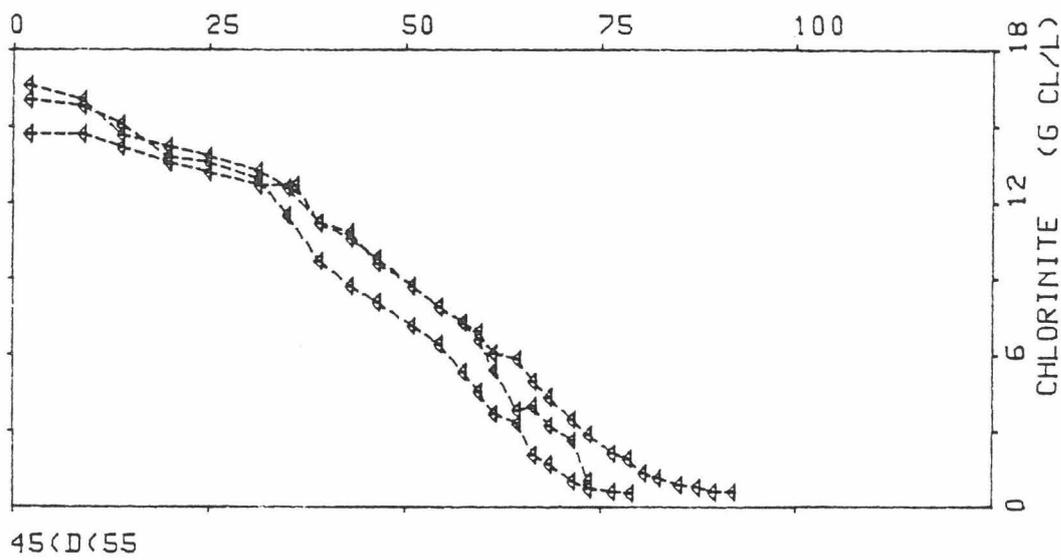
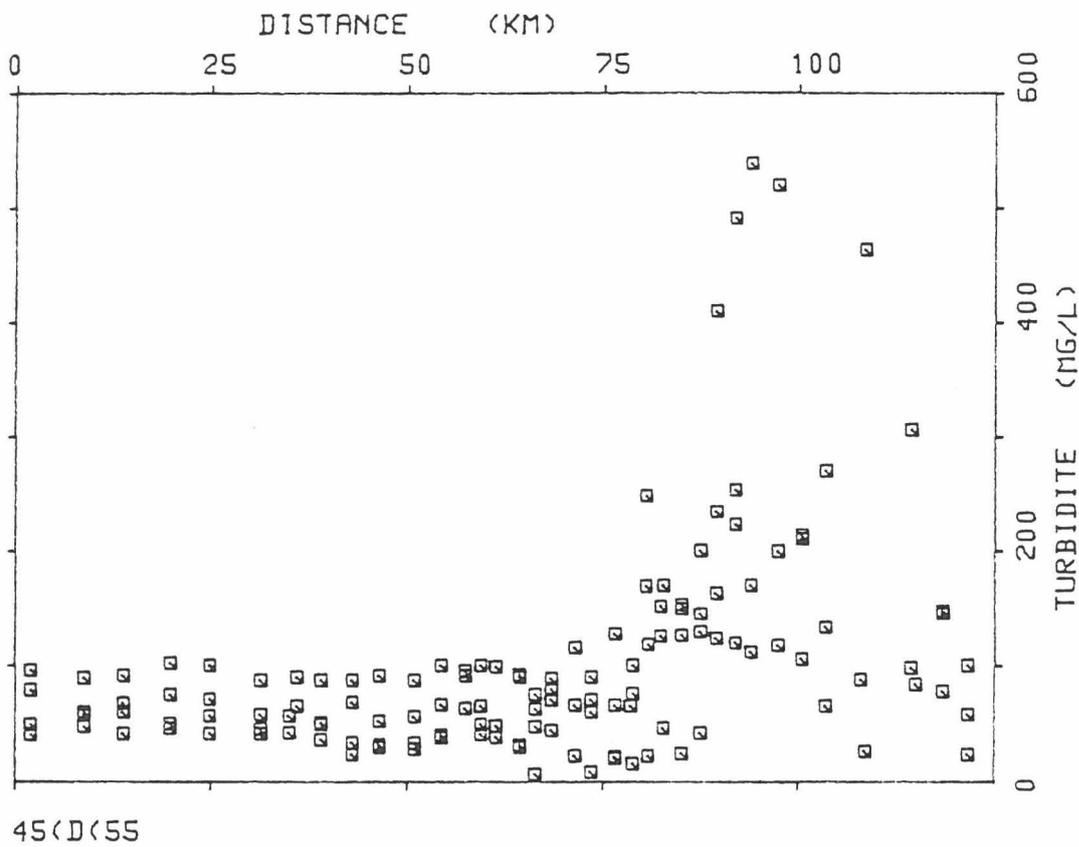
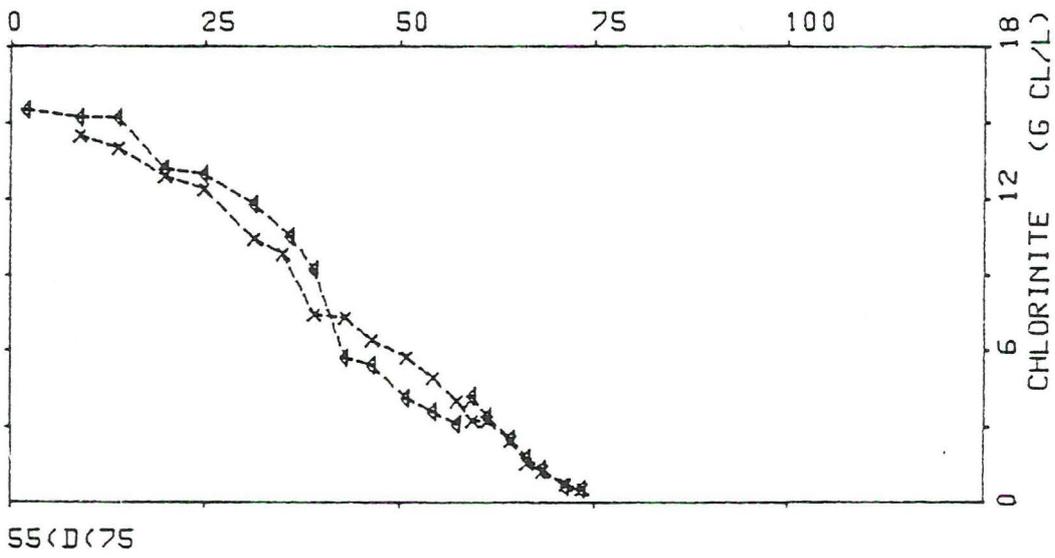
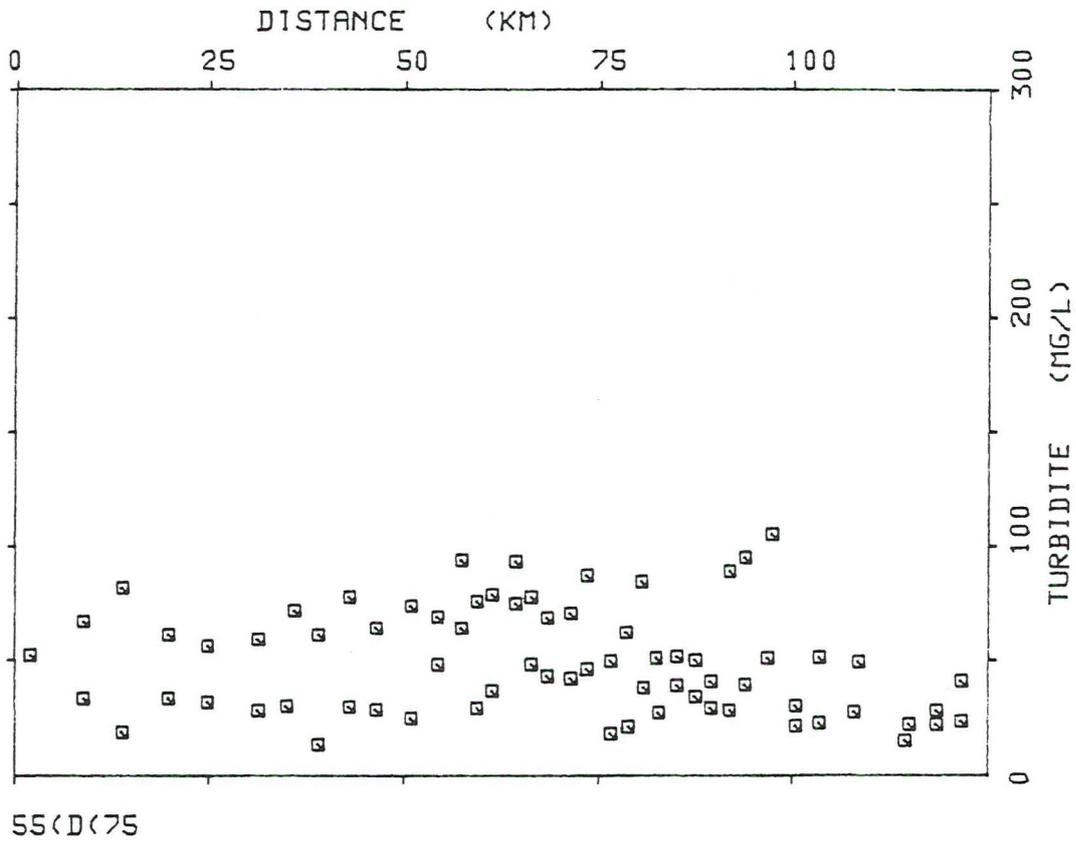
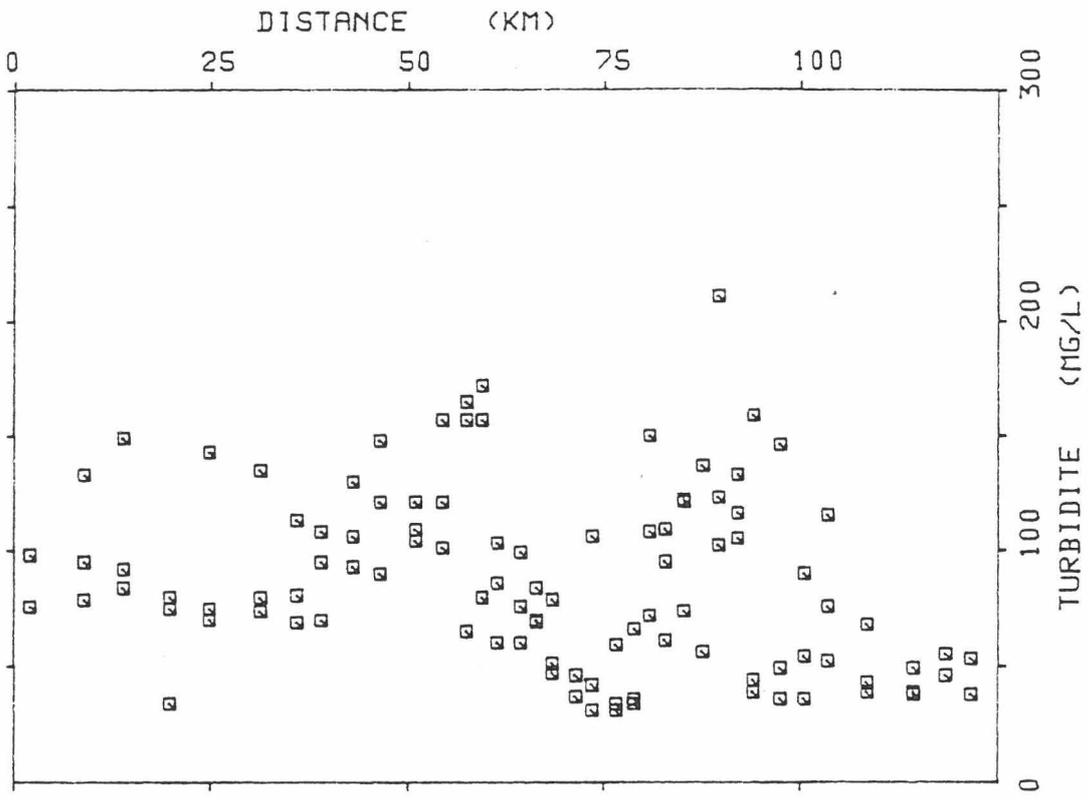


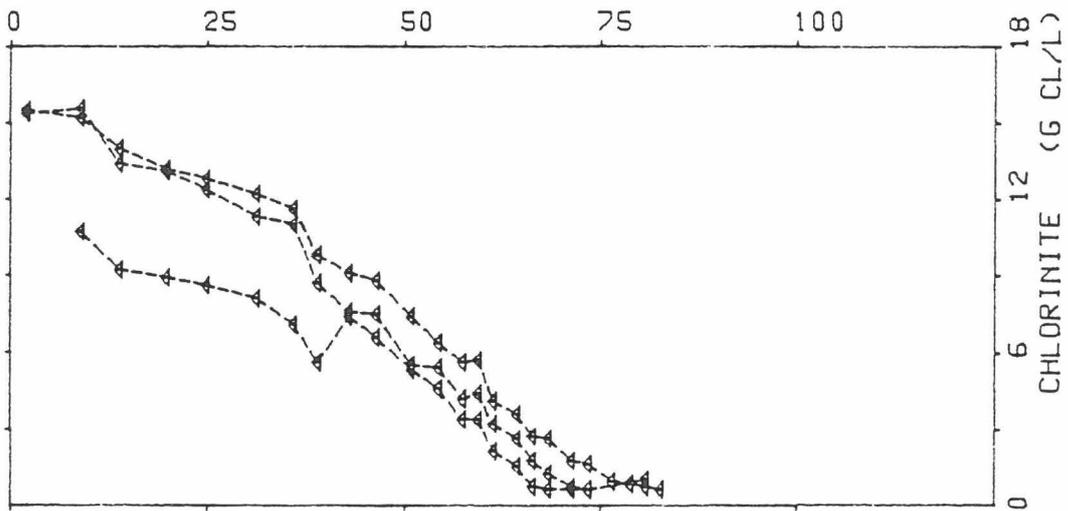
Figure II.1. : Distribution longitudinale de la turbidité et de la chlorinité à marée basse pour différentes catégories de débit.



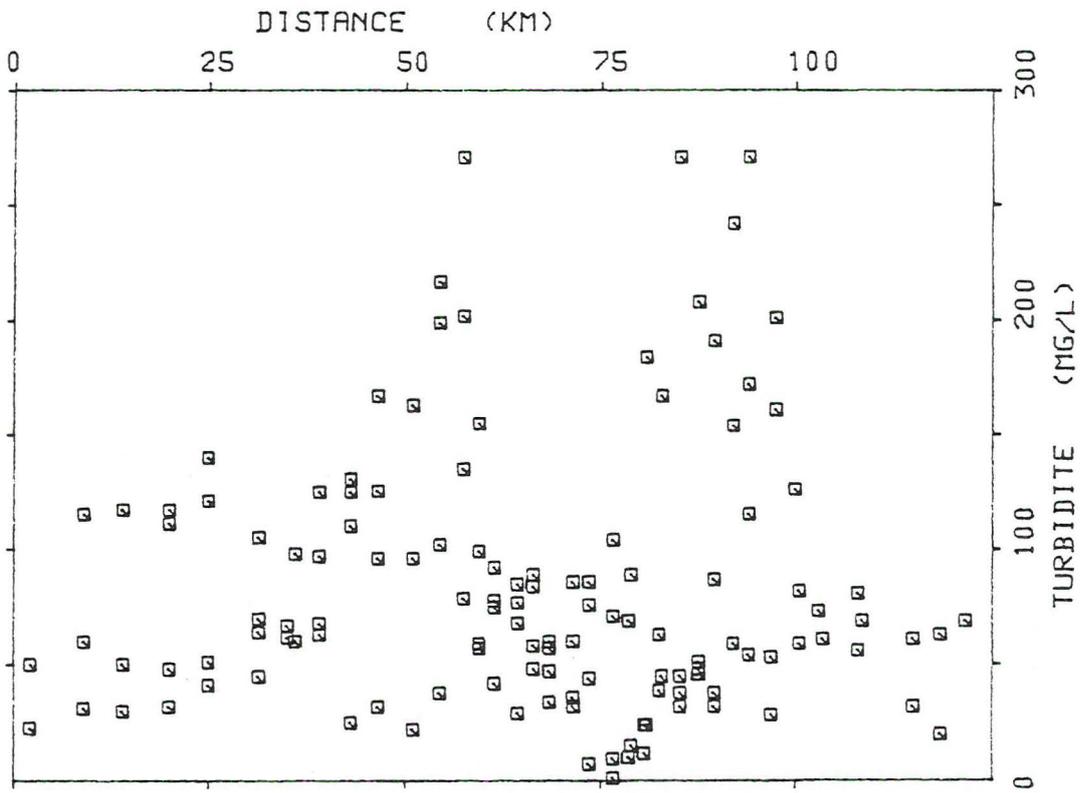




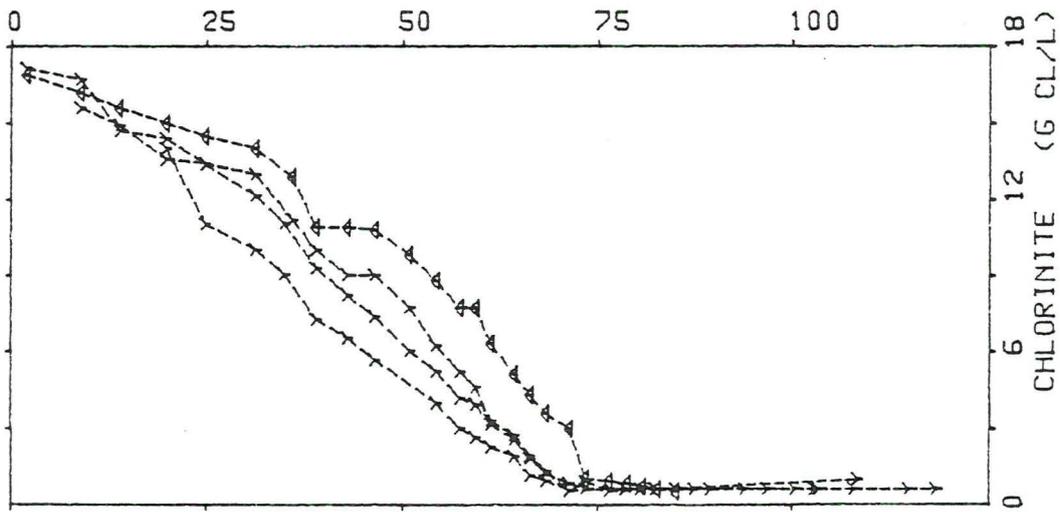
75(D<110



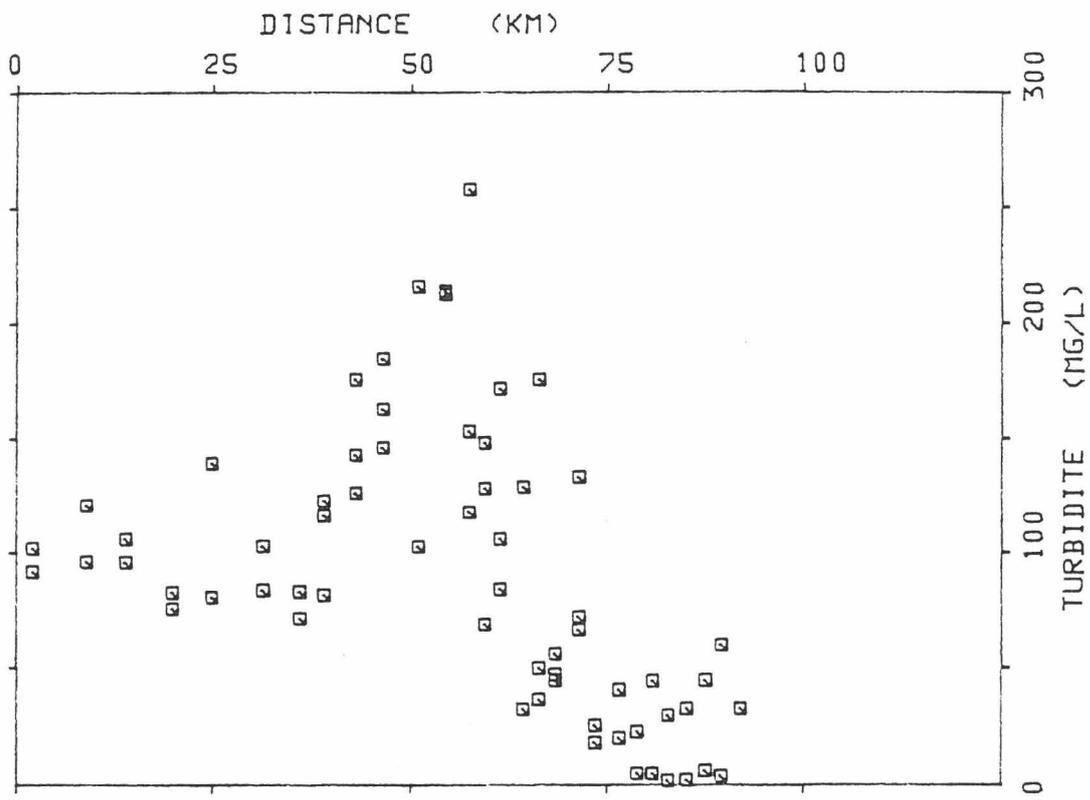
75(D<110



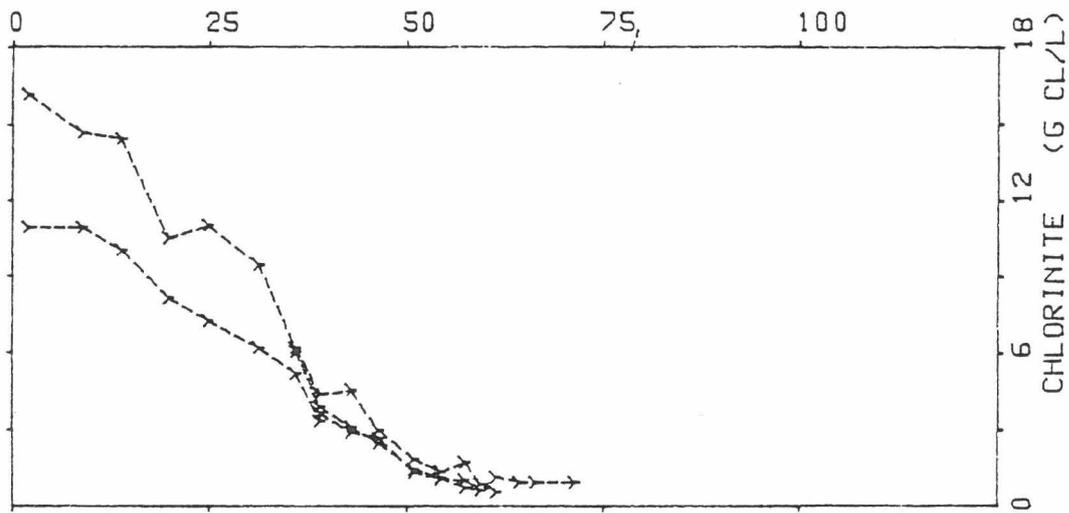
110 < D < 150



110 < D < 150



150 < D < 230



150 < D < 230

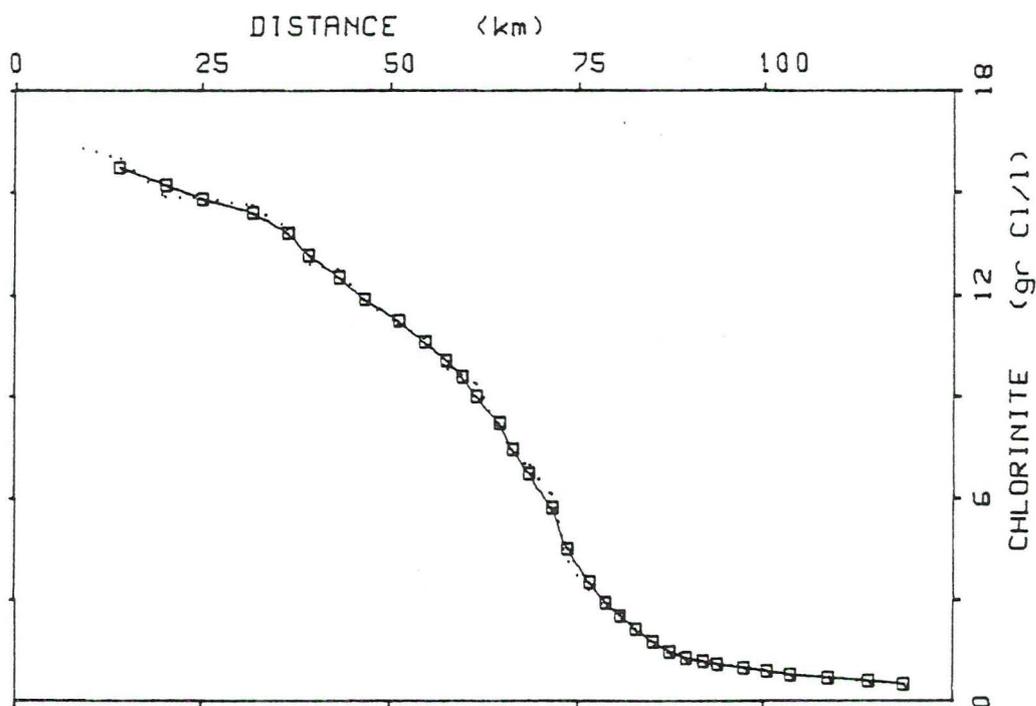
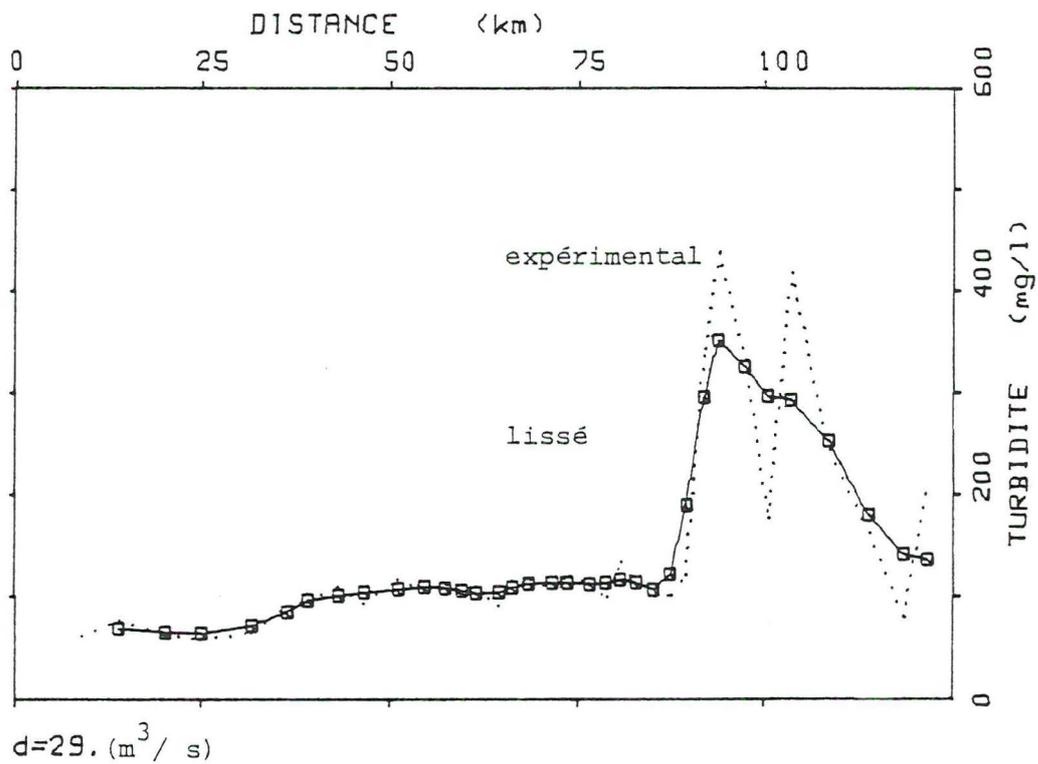
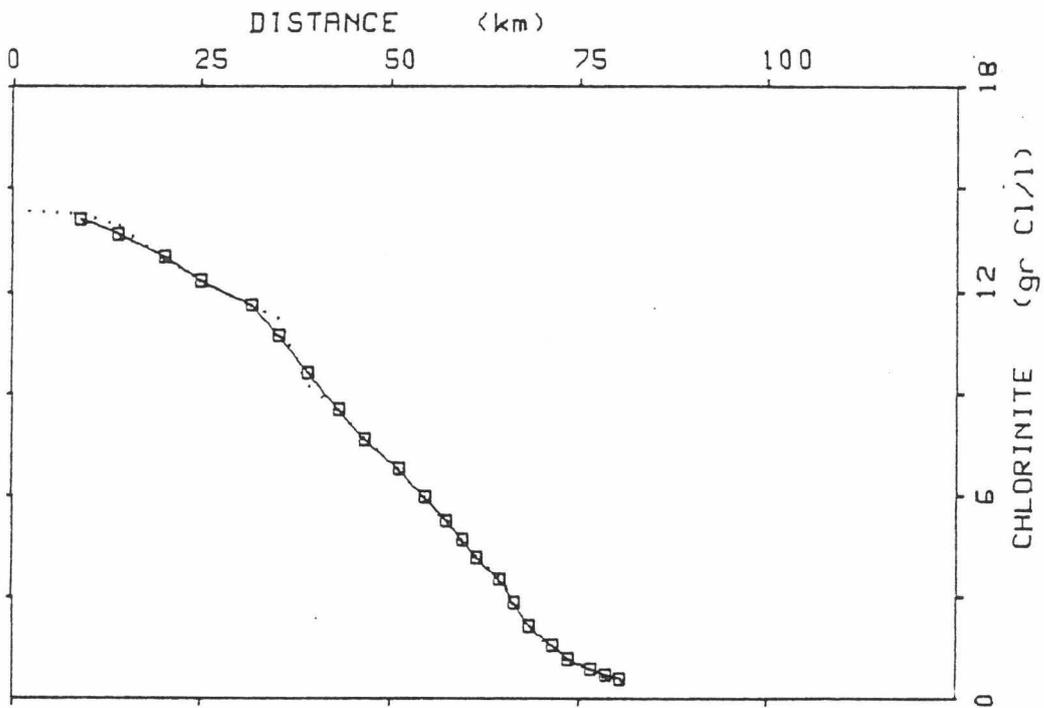
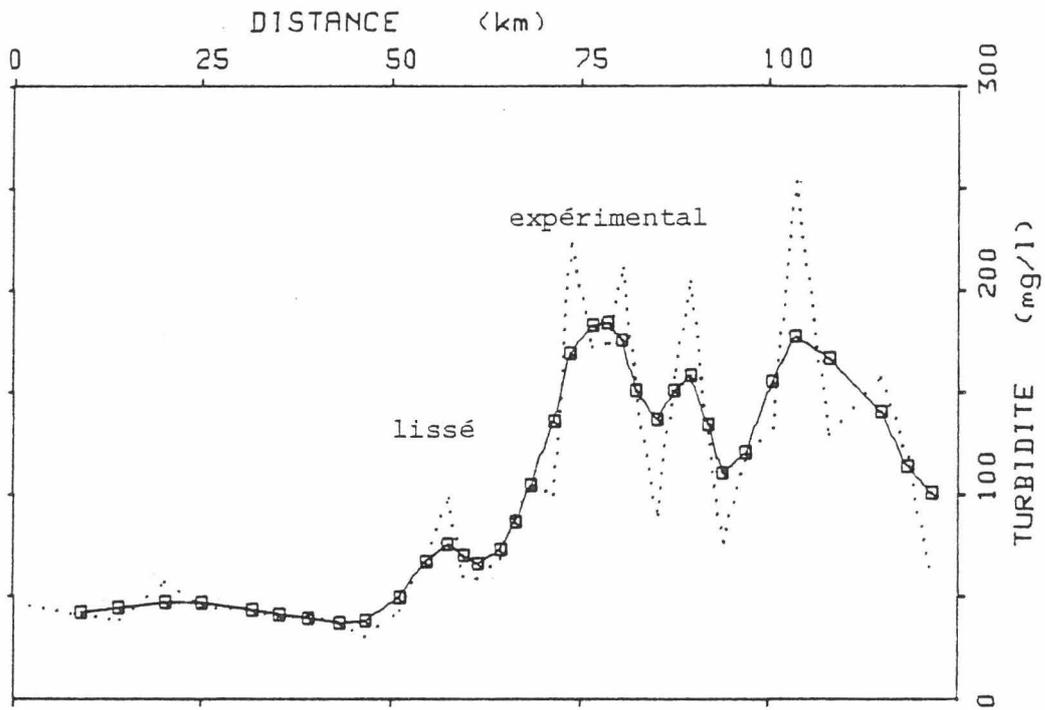
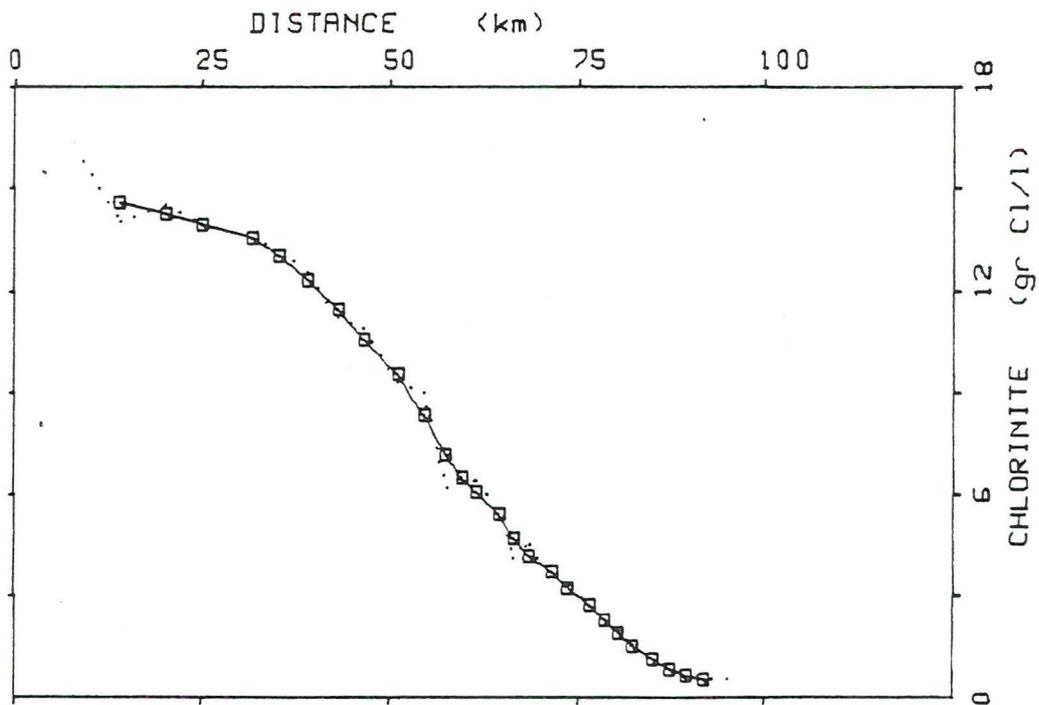
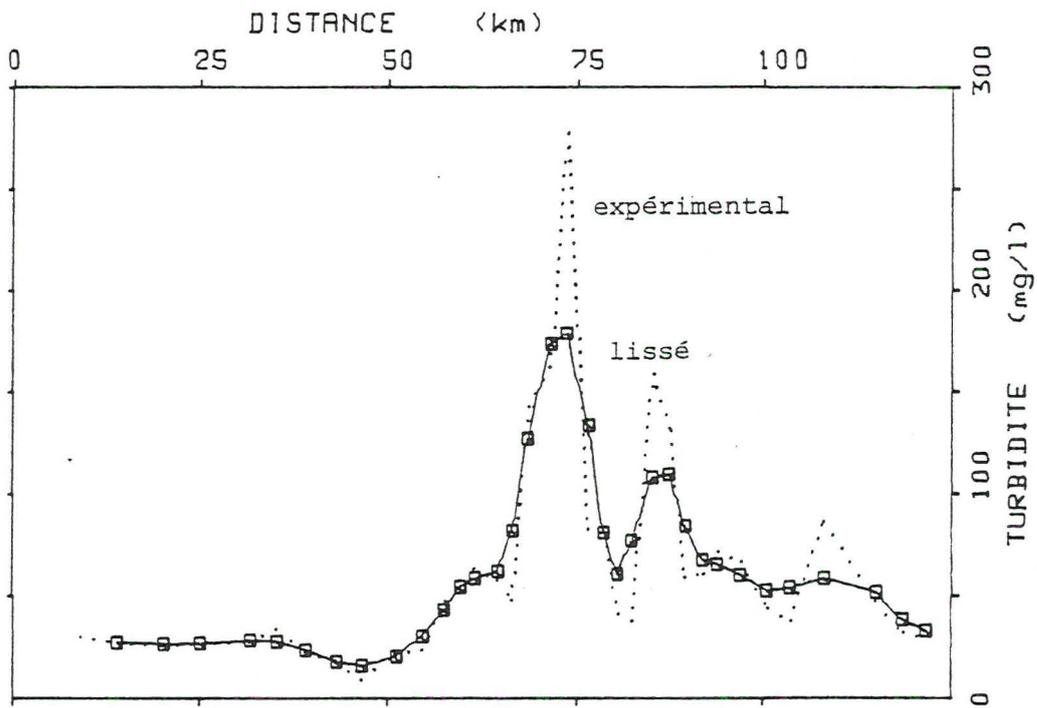


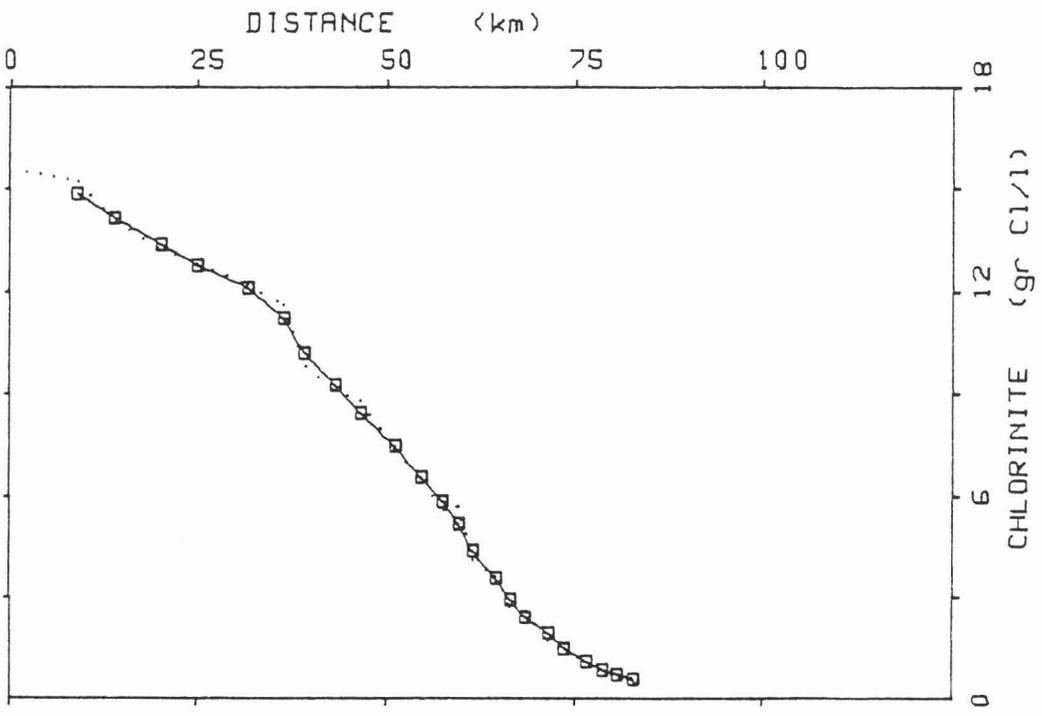
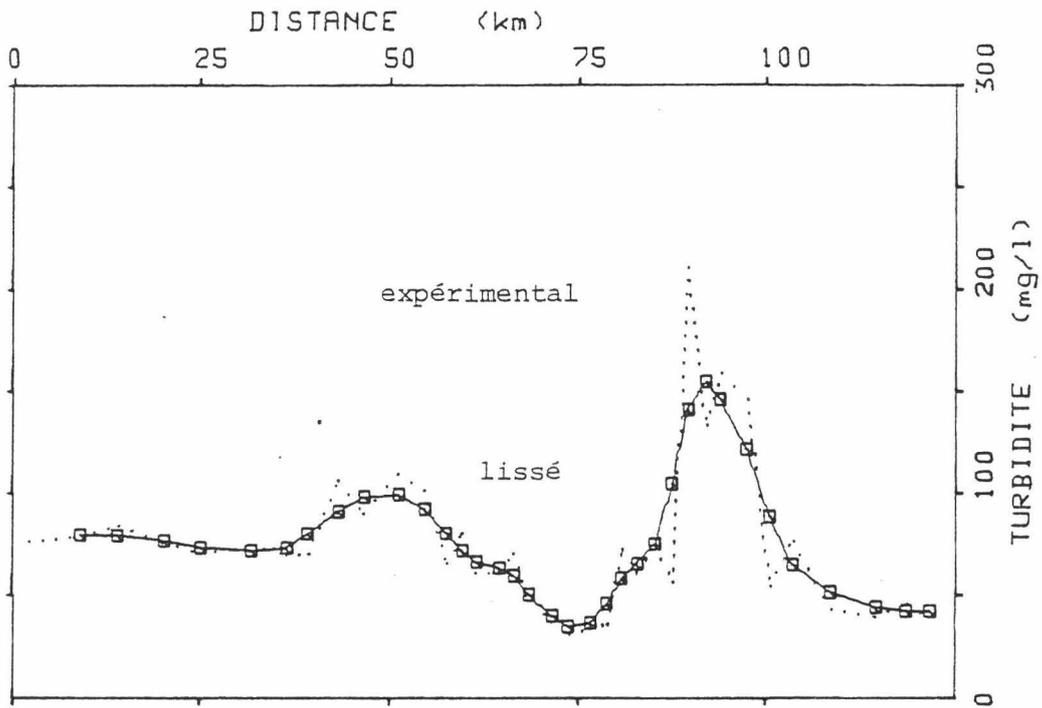
Figure II.2. : Profils longitudinaux de turbidité et de chlorinité expérimentaux et lissés en calculant une moyenne flottante pondérée sur 5 points dans le cas de différentes catégories de débit.



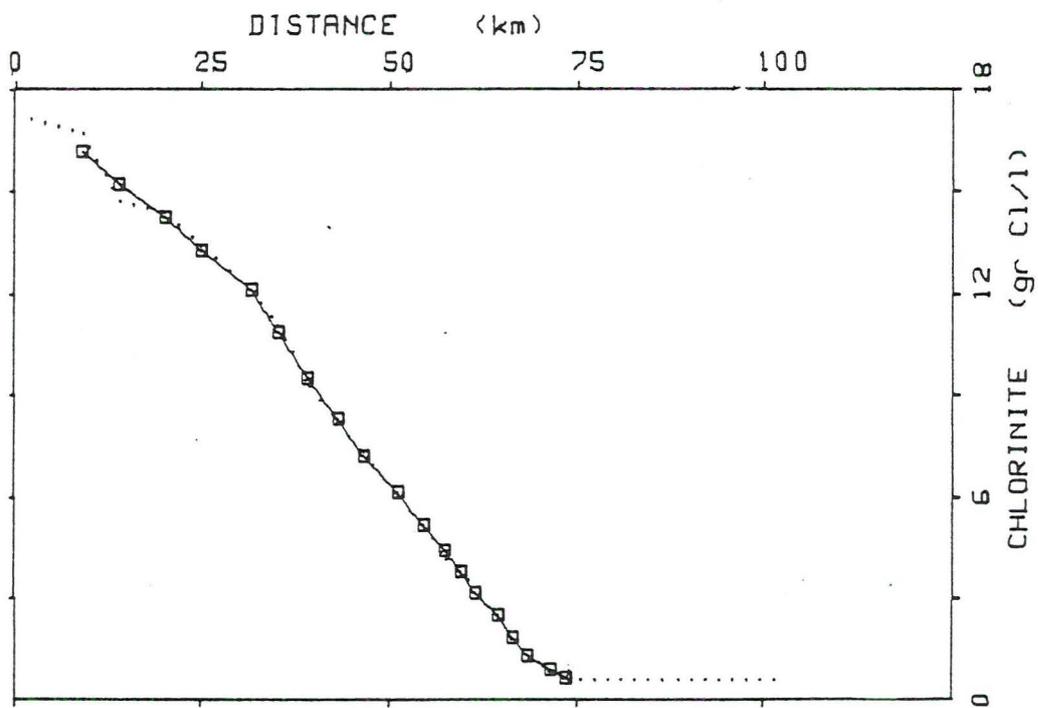
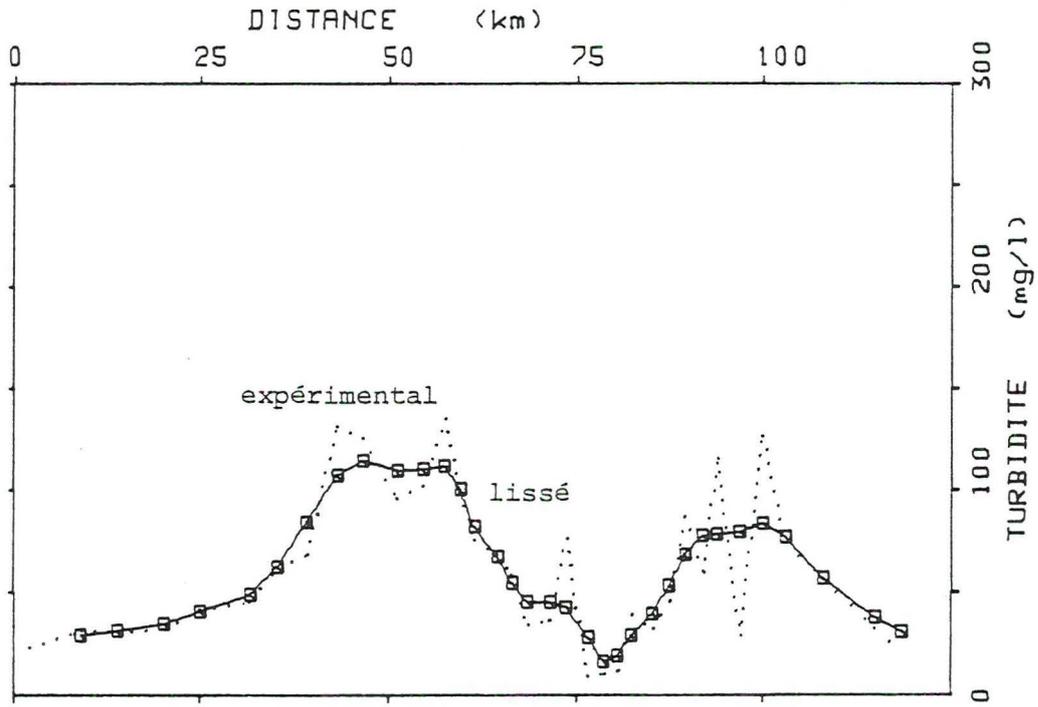
$$d = 42.8$$



d=69.2



d=82.



d=113.

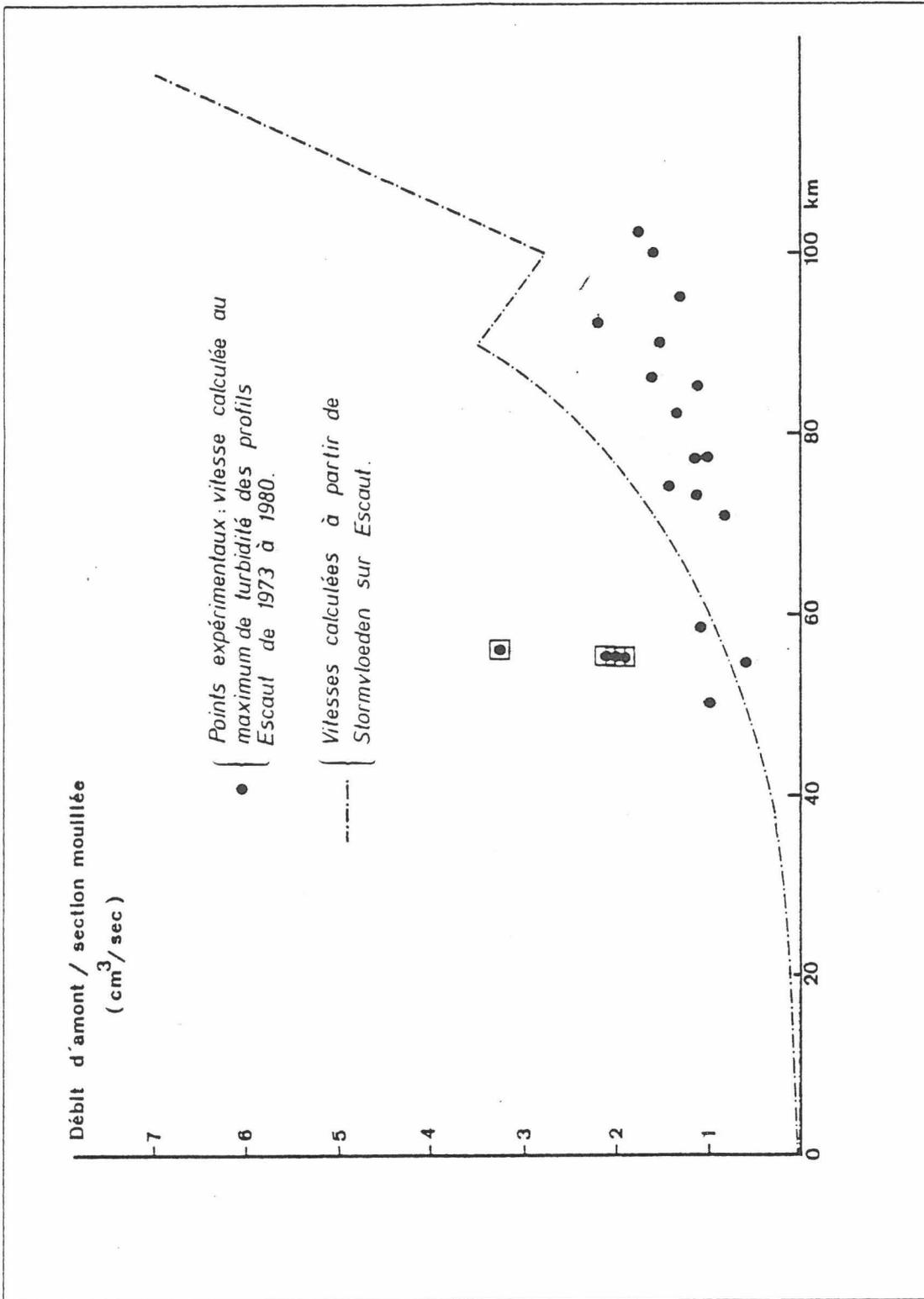


Figure II.3.: Vitesse résiduelle moyenne au maximum de turbidité pour diverses conditions de débit d'amont. Les points (■) correspondent au second maximum de turbidité observé en période de crue et traduisent globalement une remise en suspension. A titre d'indication nous avons reporté la distribution longitudinale des vitesses résiduelles calculées pour un débit d'amont égal à 80 m³/s à Anvers.

II.3. EVALUATION DES FLUX DE SOLIDE A PARTIR DES PROFILS DE TURBIDITE

Il nous a paru important de discuter ce type d'approche car il est classiquement utilisé par de nombreux auteurs pour évaluer l'apport de matières solides par les rivières au milieu marin.

Cette approche est néanmoins fort criticable. Nordin et Mead (1981) ont montré que si on se contentait de mesurer les turbidités des eaux de surface d'une rivière, on sous-estimait généralement le transport de matière solide d'un facteur 2 à cause de l'existence d'un maximum de turbidité au voisinage du fond. Dans le cas des estuaires, le problème est beaucoup plus complexe car les courants de densité au voisinage du fond peuvent provoquer une remontée du solide vers l'amont. D'autre part, la marée introduit une fluctuation importante des vitesses d'écoulement de l'eau qui entraînent à leur tour des fluctuations de turbidité. Les mesures de turbidité en surface et à l'étale des marées vont donc nécessairement conduire à une sous-évaluation des transports de matières solides.

Nordin et Mead ont par ailleurs souligné l'importance considérable des épisodes de crue sur le transport des solides. Ainsi, dans les régions arides, on observe généralement que 90% du débit des solides se produit dans moins de 10% du temps. Cet effet est toutefois moins marqué dans les zones tempérées comme la nôtre.

Enfin, l'exploitation des profils de turbidité est souvent délicate. L'interprétation des courbes en termes de bilan massique devient particulièrement peu fiable dans la région du maximum de

turbidité, puisqu'il faut tenir compte dans l'estuaire, non seulement du transport par advection lié au débit d'amont, mais également du transport par dispersion turbulente lié au gradient de concentration.

Dans le cas de profils de concentration présentant des fluctuations trop importantes, il est impossible de calculer correctement les gradients locaux: en conséquence, les bilans de transport solide ne sont pas accessibles dans l'ensemble de l'estuaire et nous nous contenterons d'examiner le transport de solide à l'embouchure et en amont du Rupel.

II.3.a. Evaluation de l'exportation de solide à l'embouchure

Comme on l'a déjà souligné au paragraphe précédent, les profils longitudinaux de turbidité dans l'estuaire présentent des valeurs relativement stables dans la partie aval, sur des longueurs d'autant plus importantes que le débit d'amont est faible. Un examen attentif des résultats expérimentaux montre qu'une stabilité acceptable est atteinte en aval du point de chlorinité égale à $3 \text{ g Cl}^-/1$.

Dans la zone homogène vis-à-vis de la turbidité, les flux de matières en suspension ne dépendent plus que du transport par advection, puisqu'on peut considérer comme nuls les gradients longitudinaux de concentration et donc aussi le transport par dispersion turbulente.

Il est alors possible de calculer pour chaque relevé longitudinal, les valeurs moyennes de turbidité et du transport par les eaux de surface en tenant compte du débit d'eau douce à l'embouchure.

Cette évaluation ne tient pas compte du transport de sédiments au voisinage du fond. Divers auteurs (Peters et Sterling, 1976 ; Runday, 1975; Nihoul et Wollast (1976)- Estuaire de l'Escaut, volume 10 du rapport final du Projet Mer,) ont montré que dans la couche d'eau voisine du fond, il y avait, en fait, un transport net de sédiments vers l'amont. Toutefois il est raisonnable de supposer que les sédiments qui sont exportés dans la couche d'eau supérieure correspondent essentiellement aux solides d'origine continentale qui ont échappé aux processus d'accumulation par sédimentation dans le système estuarien. Les résultats des calculs, portant sur les profils longitudinaux de turbidité exploitables, sont présentés dans le tableau II.2.

TABEAU II.2. : Evaluation du débit massique des matières en suspension en l'embouchure de l'Escaut, en fonction du débit d'eau douce

DATE	n	\bar{x}	s	Q_{aval}	Charge
01.1973	16	42.91	11.33	66.41	2.85
04.1973	14	32.96	11.49	95.15	3.14
05.1973	14	32.73	11.66	77.69	2.54
06.1973	16	50.66	16.94	58.85	2.98
09.1973	19	43.87	28.46	42.21	1.85
02.1974	9	131.0	69.53	178.61	23.40
04.1974	10	60.59	17.00	64.35	3.90
05.1974	11	23.04	8.53	48.68	1.12
07.1974	18	55.48	42.18	55.83	3.10
01.1975	28	107.93	26.59	281.88	30.42
03.1975	9	62.58	27.49	305.25	19.10
04.1976	23	83.0	11.54	70.13	5.82
05.1976	27	119.81	31.14	53.63	6.43
06.1976	29	74.55	11.19	45.38	3.38
07.1976	30	83.83	12.49	39.88	3.34
08.1976	30	84.73	23.30	39.88	3.78
09.1976	22	138.91	15.18	48.13	6.69
11.1976	13	61.85	10.28	68.75	4.25
12.1976	11	104.45	32.89	94.88	9.91
03.1978	15	72.98	39.38	155.38	11.34
10.1978	18	66.13	13.34	66.00	4.37
05.1980	11	57.33	44.85	119.63	6.86
07.1980	10	45.58	30.14	284.63	12.97
09.1980	16	54.69	44.01	70.13	3.84
11.1980	6	109.6	46.65	103.13	11.30
12.1980	2	63.0	3.68	228.25	14.38

n = Nombre de points considérés sur le profil longitudinal

\bar{x} = Turbidité moyenne (mg/l)

s = Ecart-type

Q_{aval} = Débit moyen mensuel à l'embouchure (m³/sec)

charge = Débit massique des matières en suspension en kg/sec

A partir de ces calculs, on peut établir la relation entre le débit d'amont à Anvers et la charge évacuée à l'embouchure: cette relation, représentée à la figure II.4. peut s'écrire :

$$\text{charge (g/sec)} = 108 \times Q_{\text{Anvers}} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

ou encore :

$$\text{charge (T/mois)} = 280 \times Q_{\text{Anvers}} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Ces relations ont été établies par un calcul de régression sur 35 points, avec un coefficient de corrélation égal à 0.82, en admettant que la droite passe par l'origine des axes.

La charge annuelle à l'embouchure de l'Escaut a été calculée d'après la relation débit/charge obtenue précédemment et une évaluation de la distribution des débits moyens mensuels (débits classés) pour la période 1971-1978 (soit en tout 84 mois). La charge annuelle vraie est calculée en pondérant la charge mensuelle spécifique par la fréquence des débits correspondants. Les résultats de ce calcul figurent dans le tableau II.3.

Nous avons d'autre part représenté dans la figure II.5. la fréquence cumulée des débits et le pourcentage cumulé de solide transporté annuellement en fonction des débits croissants.

Il apparaît clairement du tableau et de la figure II.5. que les épisodes de débit élevés ($Q_{\text{Anvers}} > 150 \text{ m}^3\text{/s}$), quoique relativement limités dans le temps (12% du temps total), sont responsables d'un transport solide important ($\pm 1/3$ de la charge annuelle totale). Le calcul confirme donc que les accroissements de débit

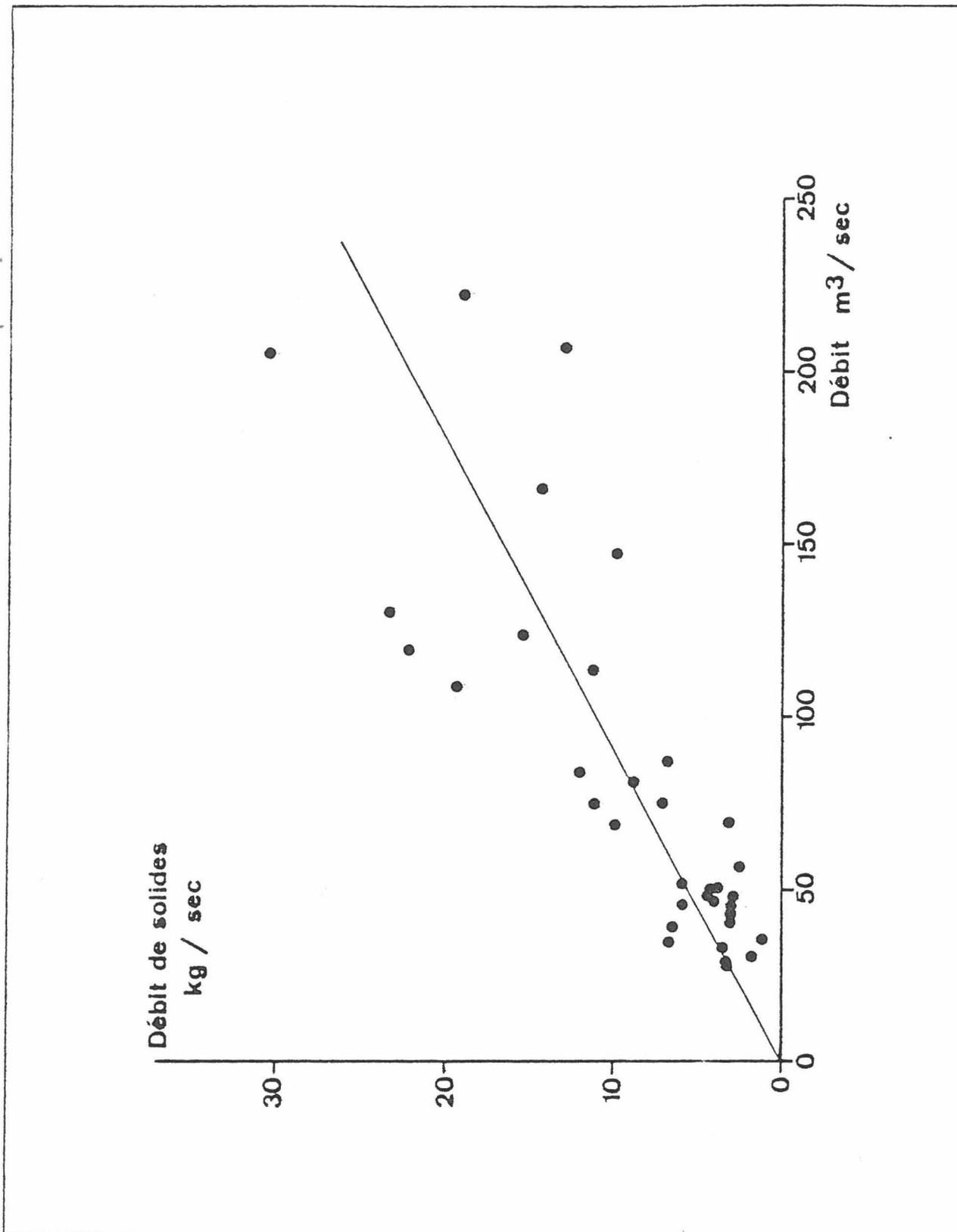


Figure II.4. : Relation entre le débit d'amont à Anvers et la charge évacuée à l'embouchure : Charge (T/mois) = $280 \times Q_{\text{Anvers}}$ (m^3/s)

TABLEAU II 3. : Exportation de matière solide à l'embouchure de l'Escaut dans la couche d'eau supérieure.

Classe de débit à Anvers (m ³ /s)	Débit moyen (m ³ /s)	Nombre de cas	Charge mensuelle spécifique (10 ³ T)	Charge annuelle vraie (10 ³ T)	% de la charge annuelle	% temps
0 - 10	5	0	-	-	-	
10 - 20	15	1	4.20	0.6	1.2	4.8
20 - 30	25	3	7.00	3.0		
30 - 40	35	7	9.80	9.84		
40 - 50	45	18	12.60	32.40		
50 - 60	55	7	15.40	15.36		
60 - 70	65	6	18.20	15.60		
70 - 80	75	6	21.00	18.00	38.4	60.7
80 - 90	85	5	23.80	17.04		
90 - 100	95	2	26.60	7.56		
110	105	4	29.40	16.80		
110 - 120	115	8	32.20	36.84		
120 - 130	125	2	35.00	9.96	30.3	22.6
130 - 140	135	3	37.80	16.20		
140 - 150	145	2	40.60	11.64		
160 - 170	165	1	46.20	6.60		
170 - 180	175	2	49.00	14.04		
200 - 210	205	2	57.40	16.44		
220 - 230	225	2	63.00	18.00		
260 - 270	265	1	74.20	10.56	30.1	11.9
300 - 310	305	1	85.40	12.24		
320 - 330	325	1	91.00	12.96		
<u>Débit moyen annuel : 90 m³/s</u>				<u>Total :</u>		
				30.168 10 ³ /an		

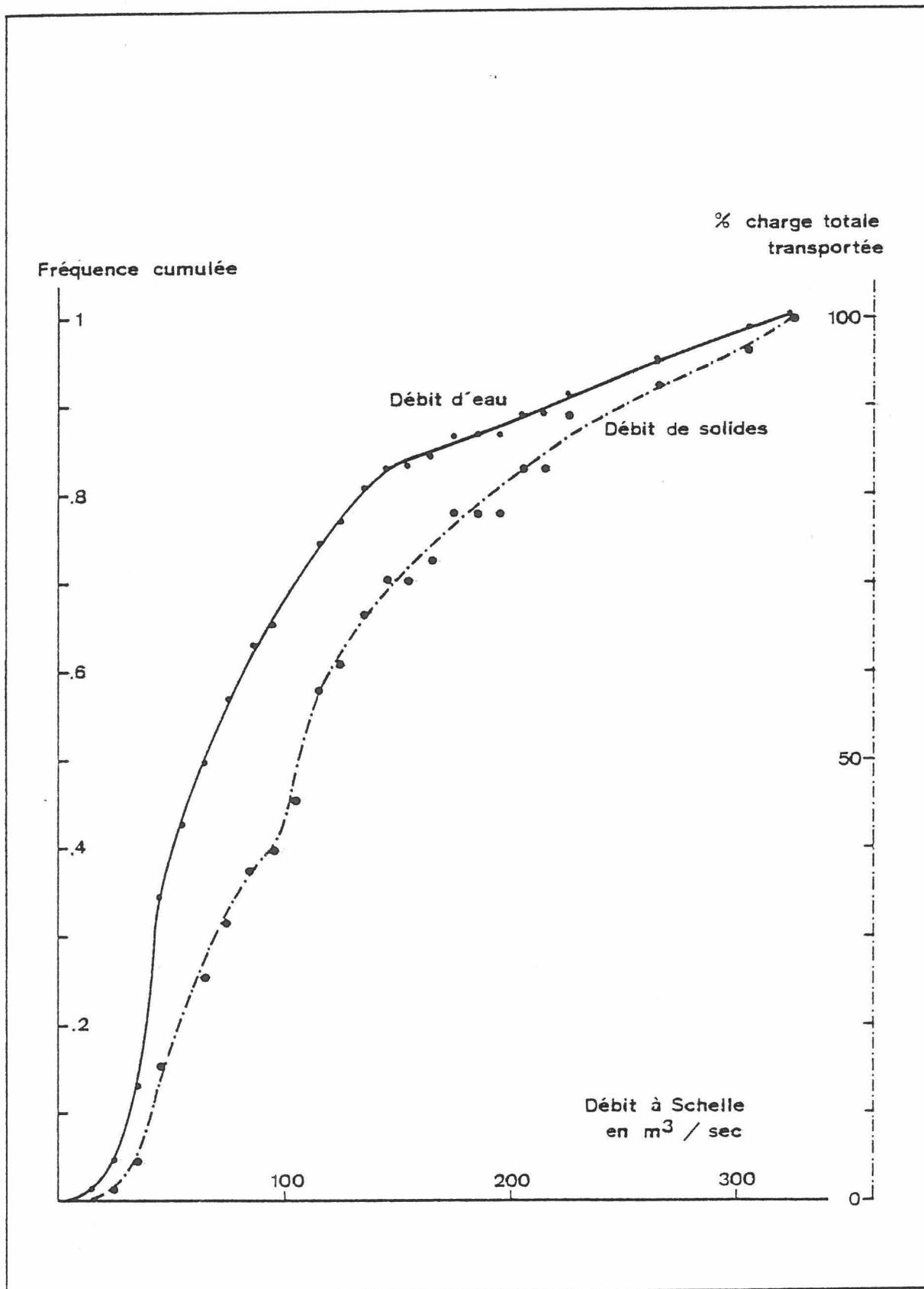


Figure II.5.: Fréquence cumulée des débits et pourcentage de solide annuellement transporté en fonction des débits croissants: Ces accroissements de débit s'accompagnent d'une remise en suspension massive des dépôts de sédiments.

s'accompagnent d'une remise en suspension massive des dépôts de sédiments.

Globalement, le calcul conduit à une évaluation du transport annuel global par les eaux de surface à l'embouchure. Cette exportation peut être estimée à 300.000 Tonnes/an.

II.3.b. Evaluation du transport de solide dans l'Escaut amont

La partie en amont du maximum de turbidité constitue théoriquement une autre zone où un calcul analogue au précédent pourrait être réalisé.

Pour s'affranchir de plus de l'influence directe des apports du Rupel, qui compliquent souvent la situation, il est cependant nécessaire de ne considérer que les points situés à plus de 110 km de l'embouchure. On dispose malheureusement d'un nombre plus limité de profils de turbidité qui couvrent cette zone. Les données exploitables sont reprises dans le Tableau II.4. et la figure II.6. Ils sont à première vue déroutants car on voit qu'en plus de l'augmentation du transport de solide avec le débit qui s'explique aisément, on assiste également à une augmentation de ce transport aux très faibles débits d'eau douce.

En fait, ces faibles débits auxquels correspondent de fortes concentrations de matières en suspension se situant soit en juin soit en septembre. On peut donc fort plausiblement attribuer les hautes valeurs des matières en suspension à une biomasse phytoplanktonique.

TABLEAU II.4. : Débit massique des solides dans la partie amont de
l'Escaut (km 125).

MOIS	DEBIT (m /s)	Σ TURBIDITE (point 32 \rightarrow 36) (mg/l)	DEBIT MASSIQUE (T/mois)
01/1973	48.3	75	9.36
04/1973	69.2	46.5	8.34
05/1973	56.5	25	3.66
06/1973	42.8	143	15.9
09/1973	30.7	129	10.3
02/1974	129.9	66	22.2
04/1976	51.0	83.5(2)	11.0
05/1976	39.0	119	12.0
06/1976	33.0	369	31.6
07/1976	29.0	198	14.9
08/1976	29.0	221	16.6
09/1976	35.0	263(2)	23.9
03/1977	84	60	13.1
04/1977	109	56(3)	15.8
05/1977	75	36	7.0
06/1977	82	48	10.2
09/1977	45	85	9.9
10/1977	46	257	30.6
12/1977	123	82(3)	26.1
03/1978	113	45(4)	13.2
07/1980	207	25(4)	13.4
09/1980	51	47	6.2
12/1980	166	135(3)	58.1

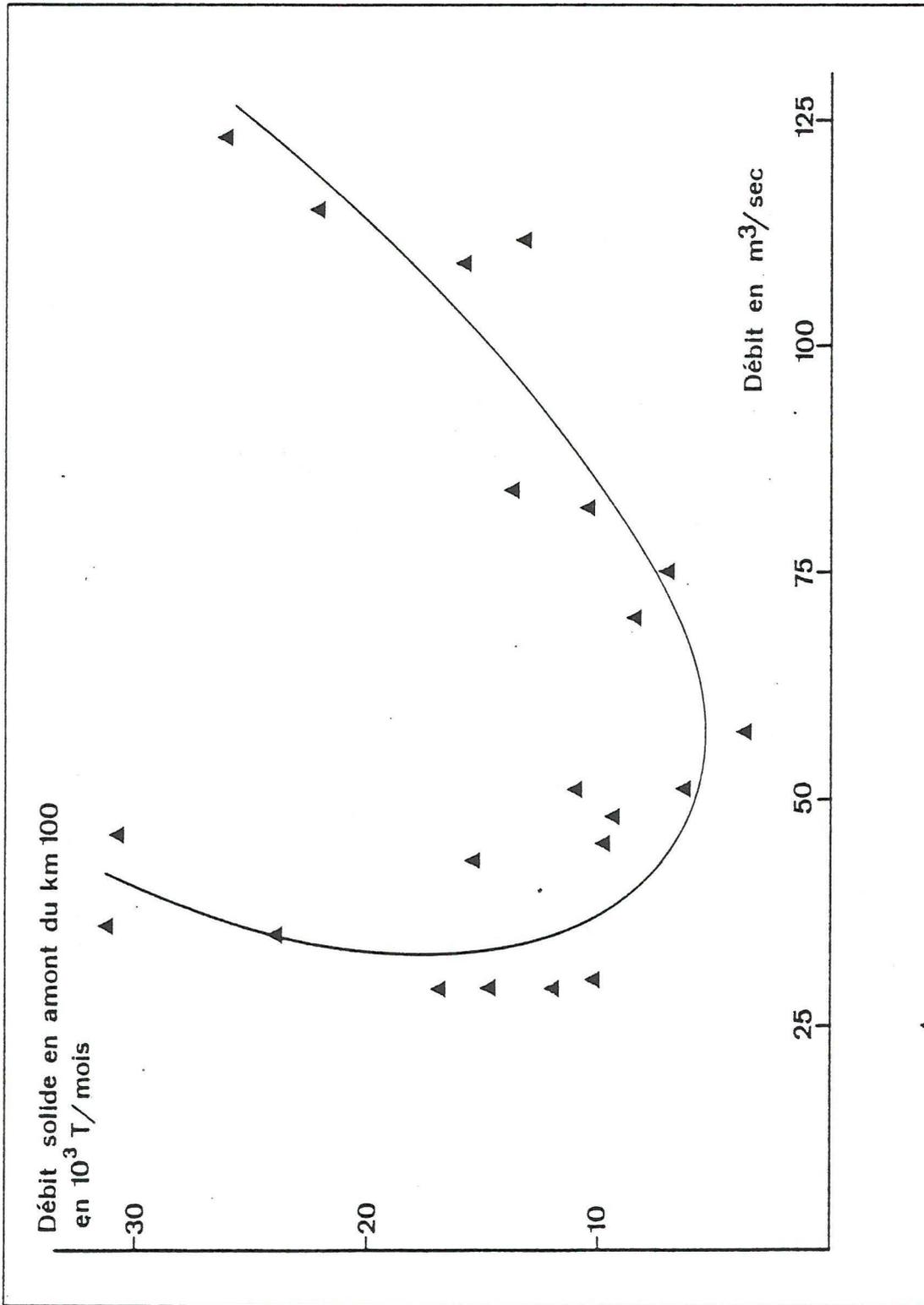


Figure II.6.: Relation entre le débit et la charge évacuée en amont au Km 100 mettant en évidence l'augmentation du transport de solide avec le débit ainsi qu'une augmentation de ce transport aux très faibles débits d'eau douce.

Cette hypothèse est confirmée par l'examen du profil longitudinal de la chlorophylle dans l'estuaire effectué au mois de mai (figure II.7.). Les valeurs des concentrations en chlorophylle α observées sont extrêmement élevées en amont du km 125; en fait, des concentrations de l'ordre de 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ correspondent pratiquement aux valeurs maximum de populations planctoniques que l'on peut observer dans des milieux naturels.

Dans les milieux hypereutrophes tel que celui-ci, on peut estimer qu'en période favorable la productivité peut atteindre 60 g de matières organiques par m^2 et par jour. Pour une surface de l'Escaut amont estimée à environ 10 km^2 on obtiendrait une production de l'ordre de 20.000 T/mois de matière organique. Cette grandeur est très comparable à l'accroissement de flux de solide que l'on peut observer dans la figure II.6.

L'existence de cette production particulière saisonnière complique singulièrement une évaluation annuelle du transport de solide dans la zone amont. D'autre part on constatera d'après la figure II.5. que le phénomène de remise en suspension aux forts débits est extrêmement marqué dans cette partie de la rivière. Or nous ne disposons pas de mesures pour les périodes de crue ($> 200 \text{ m}^3/\text{sec}$). Il serait dès lors extrêmement hasardeux de faire une telle évaluation sans observations complémentaires.

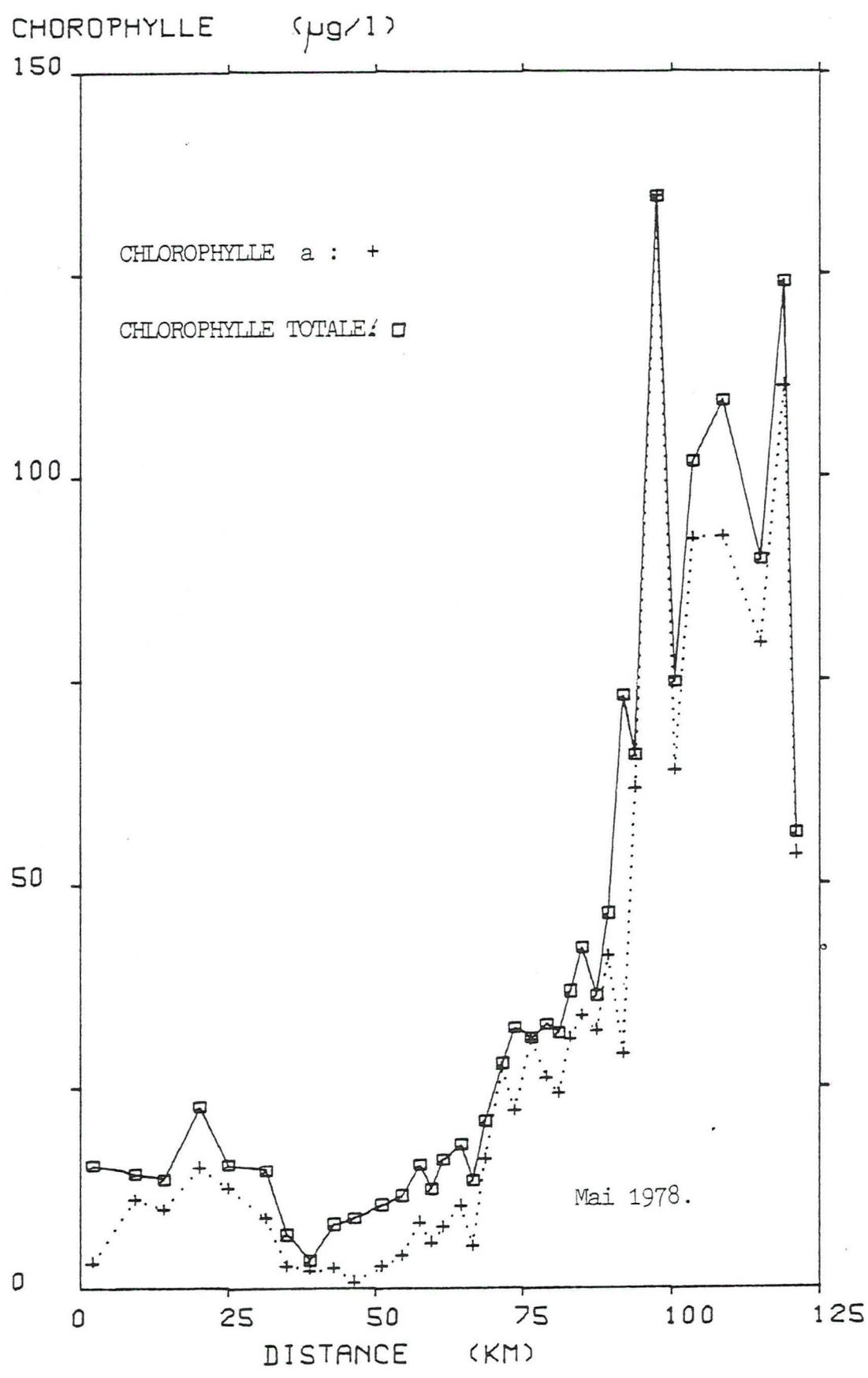


Figure II.7. : Profil longitudinal de la chlorophylle dans l'estuaire de l'Escaut au mois de mai 1978.

II.4. CONTRIBUTIONS RELATIVES A CHAQUE BASSIN SUR BASE DE MESURES
EFFECTUEES EN 1980

Afin de préciser la quantité et la nature minéralogique et chimique ainsi que l'origine des matières en suspension dans l'estuaire de l'Escaut, plusieurs campagnes de prélèvement par centrifugation en continu ont été organisées.

Deux séries de mesures sont effectuées:

- D'une part, à bord du Mechelen, des centrifugations en continu pendant 12 h à 2 m de profondeur, 6 heures avant et après l'étale de marée haute. Ces prélèvements sont localisés à Hansweert, Doel et Rupelmonde et ont été répétés trois fois au cours de l'année: en mai 1980, septembre et mai 1981. Les coordonnées précises des échantillons sont présentées dans l'annexe 2. C'est à l'occasion de ces campagnes que l'on a testé la technique des bouteilles de Delft. (cf. page 100).

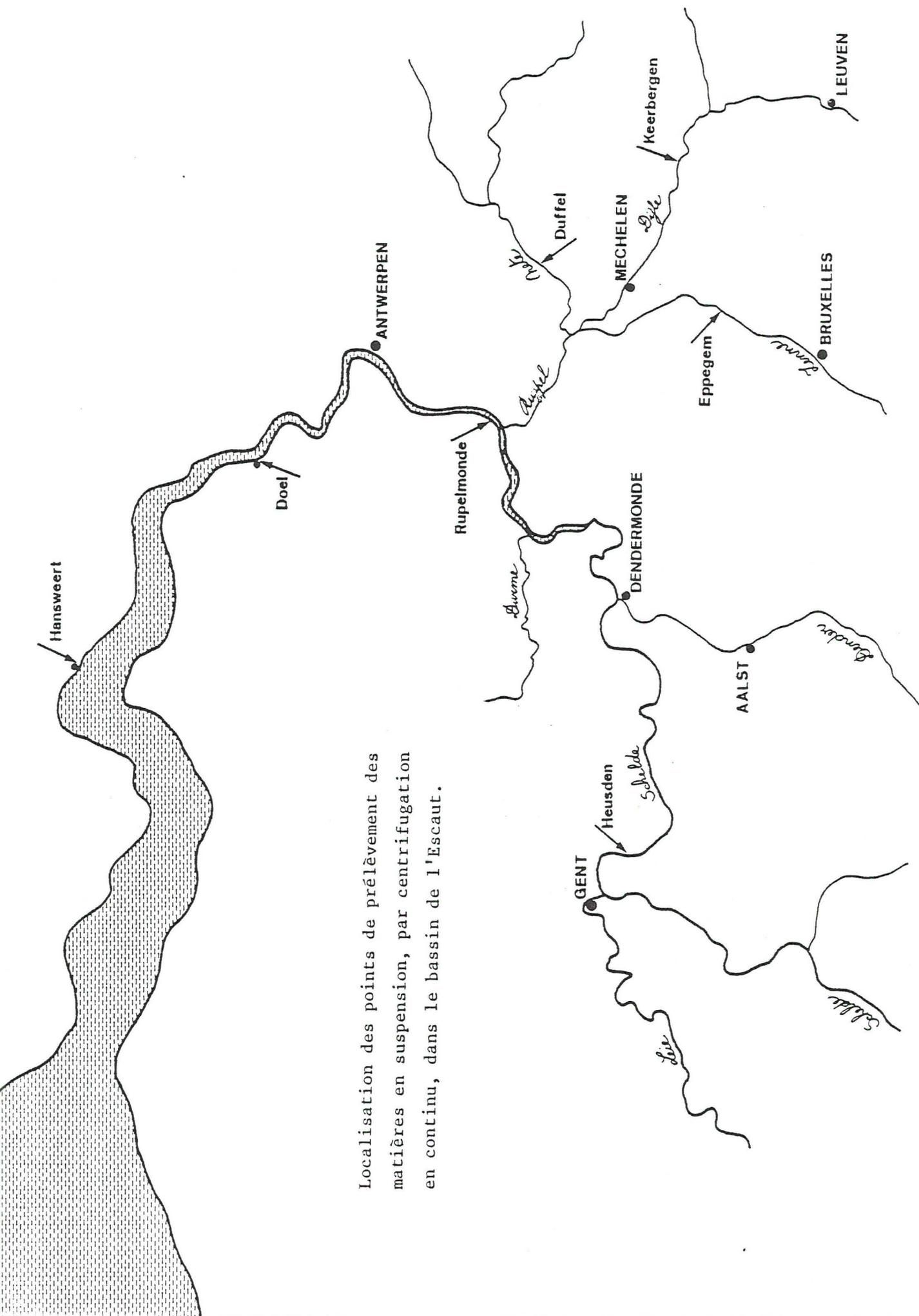
- D'autre part, des centrifugations en continu pendant une heure dans les eaux de surface de différents affluents de l'Escaut: dans la

- Senne à Epegem,
- la Dyle à Keerbergen,
- la Nète à Duffel,
- l'Escaut supérieur à Gent (Heusden).

Cette seconde série de prélèvements a été réalisée quatre fois au cours de l'année: en mai, septembre, décembre 1980 et en mai 1981.

La localisation des points de prélèvement figure sur la carte ci-après.

Les résultats de ces mesures figurent dans les Tableaux II.5. et II.6.



Localisation des points de prélèvement des matières en suspension, par centrifugation en continu, dans le bassin de l'Escaut.

TABLEAU II.5.: Centrifugations en continu pendant 12 heures (6 h avant et après l'étale de marée haute) à bord du Mechelen.

- Concentrations mesurées à - Hansweert (CH_x)
- Doel (CD_x)
- Rupelmonde (CR_x)

Campagne mai 1980

Echantillon	Poids (gr)	Durée	Concentration (mgr/l)
CH ₁	95	46 min	112,9
CH ₂	171	2 h	77,9
CH ₃	189	2 h	131,6
CH ₄	349	2 h	158,9
CH ₅	729	2 h	332,0
CH ₆	415	2 h	188,9
moyenne			167
CD ₁	1213	2 h	552,4
CD ₂	332	1 h	302,4
CD ₃	170	1 h	154,8
CD ₄	635	1 h 35	365,3
CD ₅	772	3 h 20	200,9
CD ₆	523	1 h 20	357,2
moyenne			322,1
CR ₁	76	36 min	115,4
CR ₂	489	1 h	445,4
CR ₃	751	1 h	684
CR ₄	707	1 h	643,9
CR ₅	659	1 h	600
CR ₆	487	1 h 20	190,1
CR ₇	431	1 h	392,5
CR ₈	359	1 h	327
CR ₉	297	1 h 30	180,3
moyenne			397,5

Campagne septembre 1980

Echantillon	Poids (gr)	Durée	Concentration (mgr/l)
CH ₁	77	2 h	35
CH ₂	187	2 h	85
CH ₃	281	2 h	127
CH ₄	81	2 h	36
CH ₅	194	2 h 3/4	64,2
moyenne			69,4
CD ₁	170x2	2 h	154,8
CD ₂	428	2 h	194,9
CD _{3a}	457)	3 h 20	268,2
CD _{3b}	515)		
CD ₄	518	2 h 3/4	171,5
moyenne			197,3
CR ₁	517	1 h	470,8
CR ₂	342	1 h	311,4
CR ₃	267	1 h	243
CR ₄	394	1 h	358,8
CR ₅	334	1 h	304,2
moyenne			337,6

Campagne de mai 1981

Echantillon	Poids (gr)	Durée	Concentration (mg/l)
CH ₁	595	2 h 10	274,6
CH ₂	292	2 h	146,0
CH ₃	195	2 h 05	97,5
CH ₄	292	2 h 15	129,8
moyenne			162
CD ₁	883	2 h	406,7
CD ₂	616	2 h	308,0
CD ₃	530	2 h	265,0
CD ₄	530	2 h	318,0
CD ₅	630	1 h 10	540,0
moyenne			367,5
CR ₁	211	1 h 40	351,6
CR ₂	400	1 h	400,0
CR ₃	396	0 h 50	264,0
CR ₄	336	1 h	336,0
CR ₅	356	1 h 10	415,3
CR ₆	325	1 h 25	460,0
CR ₇	255	1 h 30	382,5
CR ₈	485	2 h	727,5
moyenne			417,1

TABLEAU II.6.: Centrifugation en continu pendant 1 h dans les eaux de surface de différents affluents de l'Escaut.

- Concentrations mesurées à - Gent (CG)
- Epegem (CE)
- Duffel (CD)
- Keerbergen (CK)

Campagne mai 1980

	poids (gr)	Durée	Débit pompe	mgr/l
CG	403	1 h	.8 m ³ /h	322
CE	297	1 h	.537	159
CD	111	1 h	.947	105
CK	316	1 h	.375	118

Campagne septembre 1980

CG	158	1 h	.7	110
CE	98	1 h	.6	58,8
CD	274	1 h	.9	246
CK	50	1 h	.8	40

Campagne décembre 1980

CG	78,15	1 h	.9	70
CE	380	1 h	0.375	142
CD	249,6	1 h	1.000	249
CK	480	1 h	1.2	576

- Concentrations mesurées à - Gent (CG)
- Eppegem (CE)
- Duffel (CD)
- Keerbergen (CK)

Campagne de mars 1981

Echantillon	Poids (g)	Durée	Concentration (mg/l)
CG	194	1 h	258
CE	291	1 h	387
CD	310	1 h	412
CK	460	1 h	612

Grâce à la technique de centrifugation, nous disposons pour l'Escaut de mesures de turbidité intégrées en continu sur une marée. En effet, connaissant le débit de la centrifugeuse et le poids récolté pendant une période de temps donnée, on peut aisément calculer les concentrations moyennes pendant la période considérée.

De plus, la prise d'eau est située entre 1/2 et 1/3 de la profondeur suivant le moment de la marée, ce qui permet d'obtenir une turbidité plus représentative de la turbidité moyenne de la colonne. Nous avons utilisé ces données pour calculer un flux de solide à Rupelmonde, Doel et Hansweert en sélectionnant les données des mois de mai 1980 et mars 1981 pour lesquels les débits d'amont se situent aux environs de 80 m³/sec. D'après le paragraphe précédent, l'extrapolation des observations de turbidité dans ces conditions de débit, permet effectivement d'estimer avec une bonne précision le débit massique annuel moyen de solide à l'embouchure.

Les résultats de ces calculs figurent dans le tableau suivant:

TABLEAU II.7. : Evaluation des débits annuels de solide (en 10³ Tonnes/an) d'après les mesures par centrifugation en continu.

	<u>RUPELMONDE</u>		<u>DOEL</u>		<u>HANSWEERT</u>	
	Concentration (mg/l)	Débit 10 ³ T/a	Concentration (mg/l)	Débit 10 ³ T/a	Concentration (mg/l)	Débit 10 ³ T/a
mai 1980	397	1089	322	833	167	458
mars 1981	417	1052	367	927	162	409

On constate que la plus forte diminution des débits de solide transportés se situent entre Doel (km 60) et Hansweert (km 40) ce qui correspond bien à la position de maximum de turbidité pour ces débits.

Il est intéressant de se rappeler que le débit de solide à l'embouchure pour un débit d'amont de $80\text{m}^3/\text{sec}$ a été estimé dans le paragraphe précédent à $285 \cdot 10^3\text{T}/\text{an}$.

L'évaluation du transport par les affluents effectuée à partir des centrifugations d'une heure, réalisées dans les rivières est beaucoup plus aléatoire. Les concentrations en solide sont extrêmement variables. C'est la raison pour laquelle nous avons renoncé à calculer pour chaque affluent une moyenne annuelle des apports de solide sur la base trop restreinte des quatre mesures effectuées pendant une heure seulement.

II.5. TRANSPORT PAR CHARRIAGE SUR LE FOND

Mise au point et test de la technique de prélèvement au voisinage du fond par "Bouteilles de Delft".

Technique de prélèvement par "Bouteilles de Delft" - Description

Le principe de prélèvement des matières en suspension transportées à proximité du fond au moyen d'une "Bouteille de Delft" est simple. Il consiste à interposer une chicane dans le parcours d'une partie de l'écoulement. Par gravité, une partie des particules sédimente dans le premier élément de la chicane, alors que les particules peu denses sont évacuées avec le liquide sortant.

L'appareil se présente sous la forme d'une bouteille dont les extrémités communiquent avec l'extérieur. Le goulot de la bouteille est muni d'un embout calibré interchangeable : c'est l'entrée de la chicane. Les événements situés à l'arrière de l'appareil permettent l'évacuation de la dernière chambre de la chicane. Si l'axe de symétrie de la bouteille est parallèle au sens de l'écoulement, la circulation d'eau au sein de l'appareil dépend du diamètre interne de l'embout et de la vitesse du courant, suivant une fonction connue (fournie par le constructeur). En connaissant le temps d'immersion, il est alors possible de calculer, à partir du volume de sédiment capturé par la bouteille de Delft, un flux de particules transportées au niveau de l'embout. La bouteille est fixée avant immersion sur un tripode profilé, qui assure la stabilité et l'orientation adéquate de l'appareil par rapport au courant. L'ensemble manipulé au moyen d'un treuil est alors déposé sur le fond avec précaution.

Deux campagnes d'essai de trois jours chacune ont été réalisées au mois de mai et septembre 1980. Les résultats bruts des mesures sont présentées dans l'annexe 2.

Conclusion des essais pratiques

La mesure du transport de sédiments par bouteille de Delft exige une procédure délicate imposée par la distribution spatiale et temporelle des matières en suspension. De fait, la réalisation de telles mesures implique une mise au point soignée, une technique de prélèvement précise et une bonne connaissance des circulations locales et spécifiques dans l'estuaire. En effet, le transport de sédiments dépend fortement de l'intensité du courant à proximité du fond et ce, de manière non linéaire. De sorte que les résultats des mesures varient en fonction de l'époque de la marée, du type de marée, de la structure topographique générale dans la zone d'investigation et de la circulation différentielle entre chenaux.

En conséquence, la préparation du matériel (courantomètre, salinomètre,...) et l'organisation des campagnes (positions précises des points, accords avec le personnel responsable : pilotes, Force Armée) doivent être envisagées dans le cadre particulier de ces mesures.

Le manque de moyens techniques et l'absence quasi totale de personnel concerné ne nous ont pas permis de réaliser ces mesures dans des conditions idéales (par ex. : pas de courantomètre avec système de positionnement vertical, pas de mesures en profil vertical, pas de mesures physico-chimiques en continu, position des stations fixes mal choisies, pas d'organisation spécifique). Pourtant, un grand nombre de renseignements se dégagent déjà de ces résultats expérimentaux et de l'expérience acquise :

- Les mesures effectuées trop près du fond (9 cm) sont difficiles à interpréter.

- On trouve une bonne proportionnalité entre les quantités de sédiments prélevés par bouteilles de Delft à 22 cm par rapport au fond et le temps d'immersion pour une même intensité de courant.
- En-dessous d'une certaine intensité de courant (à définir ultérieurement), le transport de sédiments devient rapidement négligeable. (Non-linéarité)
- Lorsque la section de l'estuaire comporte deux chenaux distincts, il existe apparemment une différence entre les flux de matières transportées par ceux-ci, suivant l'époque de marée.
- A proximité de la berge, la mesure est peu fiable.
- La manière dont le bateau est ancré influence considérablement la bonne marche de l'expérience. Si la chaîne mouillée est trop courte, le bateau dérape facilement, et si elle est trop longue, le bateau oscille autour de son axe de sorte que dans les deux cas les instruments chalutent.

En conséquence, nous suggérons que les mesures effectuées par bouteille de Delft s'accompagnent d'un certain nombre de données physico-chimiques caractéristiques de la situation générale du point de mesure :

- Mesure en continu à hauteur du point de prélèvement de l'intensité du courant parallèlement à l'axe de la bouteille.
- Mesure de l'évolution temporelle de la stratification verticale dans le site durant l'expérience (température, salinité, courant).

D'autre part, la représentativité des résultats serait selon nous meilleure si le bateau à l'ancre occupait une position centrale par rapport à la circulation de marée. Les pilotes, travaillant dans l'Escaut, affirment qu'une position d'ancrage au centre d'un chenal ne pose aucun problème de navigation pour les autorités maritimes, si on exclut les zones de manoeuvre d'entrée vers les grandes écluses (Zandvliet, Boudewijn, Van Cauwelaerts, Royer, Kattendijk).

En conclusion, ces campagnes expérimentales préliminaires ont permis d'apprécier la fiabilité de la technique de mesure du transport de matière en suspension, et d'acquérir un nombre de renseignements étendu par rapport aux moyens mis en oeuvre. Les campagnes futures doivent dès lors être envisagées et organisées en fonction de cette expérience. L'extension du travail, proposée dans ce texte, exige des efforts et des moyens plus étendus; mais ceux-ci sont justifiés par leur intérêt considérable sur l'étude de la dynamique des échanges de matière d'origine terrestre et marine dans l'estuaire de l'Escaut.

II.6. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Dans le cadre du Modèle Mathématique Mer de la C.I.P.S. nous avons antérieurement évalué un bilan des matières solides dans l'estuaire de l'Escaut (Volume 9. Ed. Nihoul et Wollast). Rappelons que ce bilan avait été obtenu essentiellement en utilisant des mesures de profils verticaux de turbidité et de vitesse effectuées sur plusieurs marées en différents points fixes de l'Escaut.

Le charriage sur le fond avait été estimé indirectement d'après les analyses des sédiments et les caractéristiques des matières en suspension d'origine continentale et marine.

Afin de comparer les évaluations antérieures à celles effectuées dans le cadre du présent travail nous avons résumé l'ensemble des données dans le Tableau II.8.

Comme précédemment, nous nous limiterons à considérer les apports en amont d'Anvers et la région anversoise, ainsi que les flux de solide en aval du Rupel (km 90) en aval de la zone d'envasement (\approx km 50) et à l'embouchure.

On constate tout d'abord que les évaluations effectuées à partir des centrifugations sont en bon accord avec les estimations anciennes. L'exportation de solide à l'embouchure a été nettement augmentée par suite de la prise en considération des épisodes de crue, ce qui n'était pas le cas précédemment.

Par contre, les charges calculées à partir des contributions naturelles, domestiques et industrielles sont pratiquement égale à la moitié des charges observées dans l'Escaut. Une première explication doit être trouvée dans la production de matière organique planctonique dans l'Escaut d'amont et la plupart des affluents. Si l'on estime par exemple que la productivité observée pendant le mois de mai dans la zone d'amont de l'Escaut et égale à 20.000 Tonnes/mois de matières

solides, est maintenu en moyenne pendant six mois de l'année, cela représente un apport de 120.000 Tonnes par an soit environ 50% de la charge calculée à partir des diverses contributions.

Il ne semble pas que l'erreur sur les contributions domestiques et industrielles puisse être importante car les prévisions concordent très bien avec les observations dans la Senne où ces deux contributions sont largement dominant. Par contre, la contribution naturelle est fort incertaine par suite du nombre très limité d'observations et du fait que ces observations n'intègrent que très partiellement les activités agricoles. Il est notamment bien connu que l'érosion peut augmenter très sensiblement après le labourage des terres. Notre évaluation ne permet pas non plus d'explicitier les apports de matières solides dus à l'élevage.

Enfin, les phénomènes de transport de matières solides dans la zone estuarienne sont extrêmement complexes et les évaluations basées sur les mesures in situ comportent une incertitude liée aux techniques simplistes d'extrapolation utilisées.

Toutefois si nous comparons l'ensemble de ces résultats à des exercices similaires effectués pour d'autres rivières par d'autres auteurs, on peut considérer qu'ils sont très satisfaisants et que le degré d'incertitude est relativement faible.

Il serait possible d'améliorer très sensiblement ces évaluations en complétant le système de mesure des débits, actuellement en place dans le bassin hydrographique de l'Escaut, par un système de mesurer et d'enregistrement de la turbidité. Il nous paraît qu'un tel investissement serait modeste en égard aux résultats que pourrait fournir cet outil de gestion et de surveillance particulièrement puissant.

TABLEAU II.8. : Résumé des différentes évaluations du débit massique annuel moyen (10^3 T/an) des solides dans l'estuaire de l'Escaut.

	C.I.P.S. 1976	Calcul des charges	Centrifugation Turbidité
Flux km 120 (amont du Rupel)	(388) (1)	273	-
Apport Rupel	582	234	-
Flux km 90 (aval du Rupel)	970	507	1070
Apport (zone d'Anvers)	550	246	-
Flux km 50 (aval zone envasement)	320	-	435
Flux km 0	120	-	300

(1) Basé sur une évaluation effectuée d'après les profils de turbidité, (non publiée dans le rapport).

III. COMPOSITION CHIMIQUE ET MINÉRALOGIQUE DES SUSPENSIONS DE L'ESCAUT

Nous avons entrepris d'analyser quelques échantillons de matières en suspension recueillis par centrifugation afin de voir si les compositions chimiques et minéralogiques pourraient être utilisées en tant qu'indicateur soit de l'origine géographique soit de la nature de la contribution (naturelle, domestique, industrielle) à la charge.

Les données présentées sont fort fragmentaires et insuffisantes pour tirer des conclusions définitives. Elles ne font d'autre part pas l'objet du présent contrat. Nous avons toutefois tenu à les présenter ici pour éviter que ce travail préliminaire ne soit perdu et en espérant qu'il puisse susciter une réflexion sur un autre mode d'approche du problème complexe de l'origine et du comportement des solides dans l'estuaire.

Traitement des échantillons

Les échantillons sont séchés à l'étuve à 110°C et pesés. Les pertes au feu à 450°C et 1000°C sont effectuées sur les échantillons broyés et homogénéisés afin d'évaluer la quantité d'eau, de matières organiques et de carbonates. Dans le cas de la campagne mai/juin, pour les deux séries de prélèvements, tous les échantillons ont été analysés par diffractométrie des RX, sur des plaquettes orientées en vue de déterminer les principaux minéraux présents dans les suspensions. Les éléments majeurs et mineurs sont déterminés par spectrofluorescence des rayons X et par absorption atomique.

Les résultats obtenus à ce jour sont brièvement présentés ci-dessous:

- perte au feu
- diffractométrie des rayons x
- fluorescence des rayons x

III.1. PERTES AU FEU

TABEAU III.1. : Pertes au feu effectuées sur les échantillons prélevés par centrifugation en continu de 12 h, à bord du Mechelen (cf. Annexe 2) à Hansweert (CH_X), Doel (CD_X) et Rupelmonde (CR_X).

Campagne mai 1980

	Perte à 500° C en %	Perte à 1000° C en %	Perte Totale en %
CH ₁	18,63	4,55	23,18
CH ₂	17,74	6,35	24,09
CH ₃	14,20	6,74	20,94
CH ₄	15,35	9,43	24,78
CH ₅	9,80	7,44	17,24
CH ₆	16,75	3,30	20,05
moyenne	15,4	6,3	21,7
CD ₁	20,99	2,31	23,30
CD ₂	19,54	3,93	23,47
CD ₃	15,61	4,98	20,59
CD ₄	17,28	3,78	21,06
CD ₅	22,57	2,84	25,41
CD ₆	19,20	3,58	22,79
moyenne	19,2	3,6	22,7
CR ₁	20,06	3,71	23,73
CR ₂	25,95	1,47	27,43
CR ₃	13,41	0,94	14,08
CR ₄	11,82	4,08	15,90
CR ₅	6,41	3,80	10,21
CR ₆	20,84	2,44	23,28
CR ₇	14,91	2,29	17,20
CR ₈	13,71	0,8	14,51
CR ₉	11,86	4,58	16,44
moyenne	15,4	2,7	18,1

Campagne septembre 1980

	Perte à 500° C en %	Perte à 1000° C en %	Perte Totale en %
CH ₁	17,92	9,35	27,27
CH ₂	12,10	6,05	18,15
CH ₃	11,17	5,0	16,18
CH ₄	11,33	9,12	20,45
CH ₅	6,09	15,28	21,36
moyenne	11,7	8,9	20,7
CD ₁	-	-	20,21
CD ₂	-	-	20,20
CD ₃	17,88	9,02	20,90
CD ₄	14,81	7,08	21,88
moyenne	16,3	5,05	20,8
CR ₁	20,09	0,54	20,63
CR ₂	13,16	5,62	18,78
CR ₃	13,8	8,58	21,76
CR ₄	14,81	5,08	19,90
moyenne	15,4	4,9	20,3

Campagnes de mars 1981

	Perte de 110 à 500°C %	Perte de 500 à 1000°C %	Perte totale %
CH ₁	13,5	6,9	20,4
CH ₂	10,7	9,4	20,1
CH ₃	13,0	6,6	19,6
CH ₄	12,4	9,1	19,2
moyenne	12,4	9,1	19,8
CD ₁	12,2	8,1	20,3
CD ₂	15,5	6,6	22,1
CD ₃	10,0	7,5	17,5
CD ₄	11,8	6,7	18,5
CD ₅	12,1	6,4	18,5
moyenne	12,3	7,1	19,4
CK ₁	11,7	3,6	15,3
CK ₂	10,3	3,9	14,2
CK ₃	14,0	3,4	17,4
CK ₄	11,1	3,4	14,5
CK ₅	12,0	3,7	15,7
CK ₆	11,0	4,5	15,5
CK ₇	11,5	3,2	14,7
CK ₈	15,7	3,0	18,7
moyenne	12,2	3,6	15,7

TABLEAU III.2. : Pertes au feu mesurées sur les échantillons prélevés par centrifugation en continu pendant 1 h dans les eaux de surface de différents affluents de l'Escaut;
 dans la Senne à Eppegem (CE)
 la Dyle à Keerbergen (CK)
 la Nète à Duffel (CD)
 l'Escaut Supérieur à Gent (CG)

Echantillons	Perte à 500° C en %	Perte à 1000° C en %	Perte Totale en %
<u>Mai 1980</u>			
CG	9,30	3,92	16,22
CE	38,08	11,23	49,31
CD	27,51	2,69	30,20
CK	9,48	2,24	11,72
<u>Septembre 80</u>			
CG	7,44	8,25	15,65
CE	64,17	6,48	70,65
CD	30,72	5,24	35,96
CK	40,56	4,07	44,63
<u>Décembre 80</u>			
CG	18,22	5,75	23,97
CE	32,22	13,18	45,40
CD	14,77	2,15	16,92
CK	10,17	2,78	12,95
<u>Mars 1981</u>			
CG	14,9	5,8	20,7
CE	34,8	4,2	39,0
CD	16,5	3,4	19,9
CK	9,5	1,8	11,3

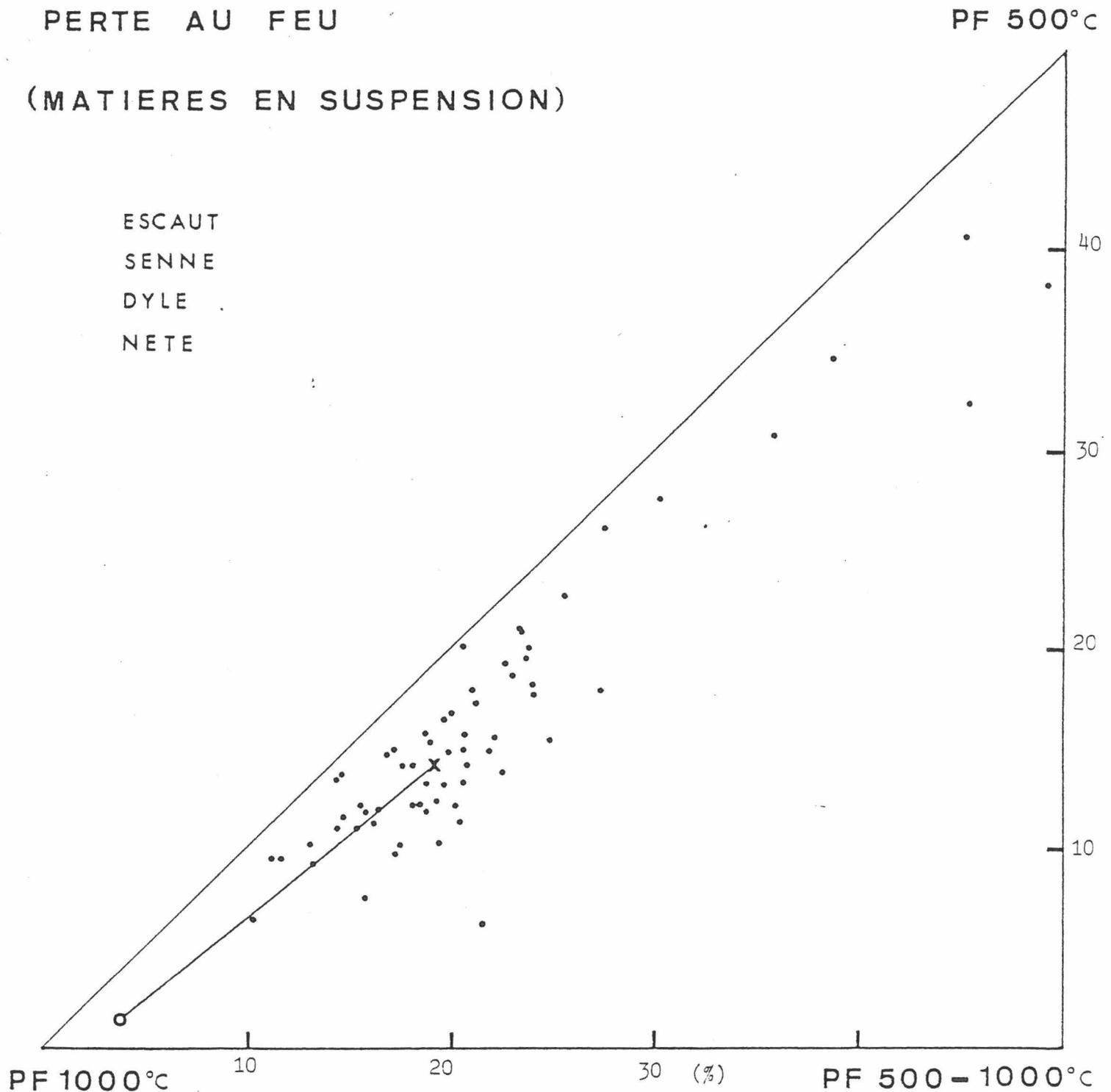


Figure III.1.: Distribution de la composition des matières en suspension prélevées par centrifugation en continu dans l'Escaut et ses affluents.
La droite (—) représente la composition d'un mélange de la matière en suspension avec un sable pur (o).

Figure III.2. : Détail de la figure III.1. dans le cas des matières en suspension prélevées à Hansweert par centrifugation en continu pendant 12 h à bord du Mechelen au mois de mai et septembre 1980 et en mars 1981. Les indices des points correspondent aux indices détaillés dans l'annexe 2.

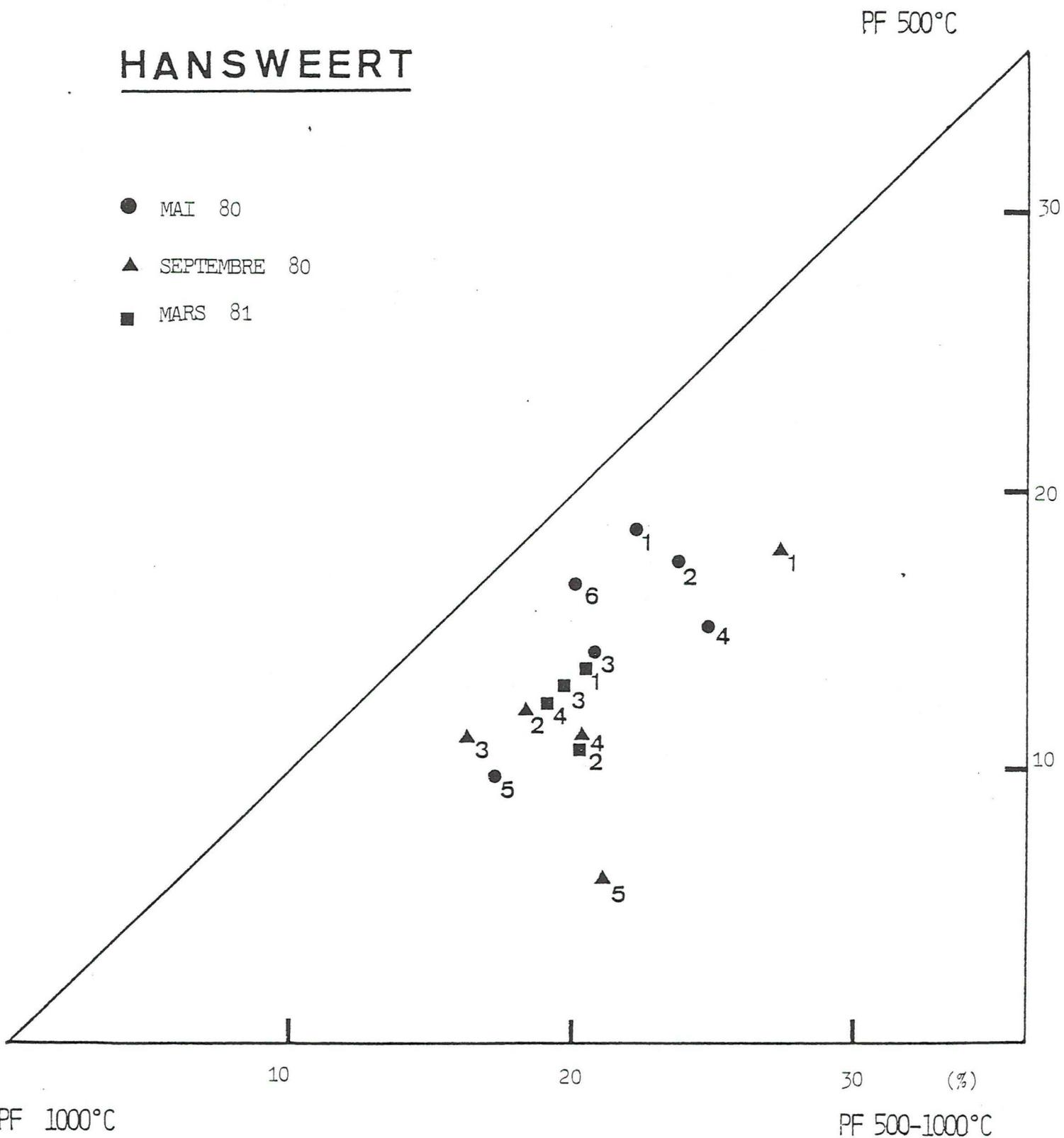


FIGURE III.3. : Détail de la figure III.1. dans le cas des matières en suspension prélevées à Doel par centrifugation en continu pendant 12 h à bord du Mechelen au mois de mai et septembre 1980 et en mars 1981. Les indices des points correspondent aux indices détaillés dans l'annexe 2.

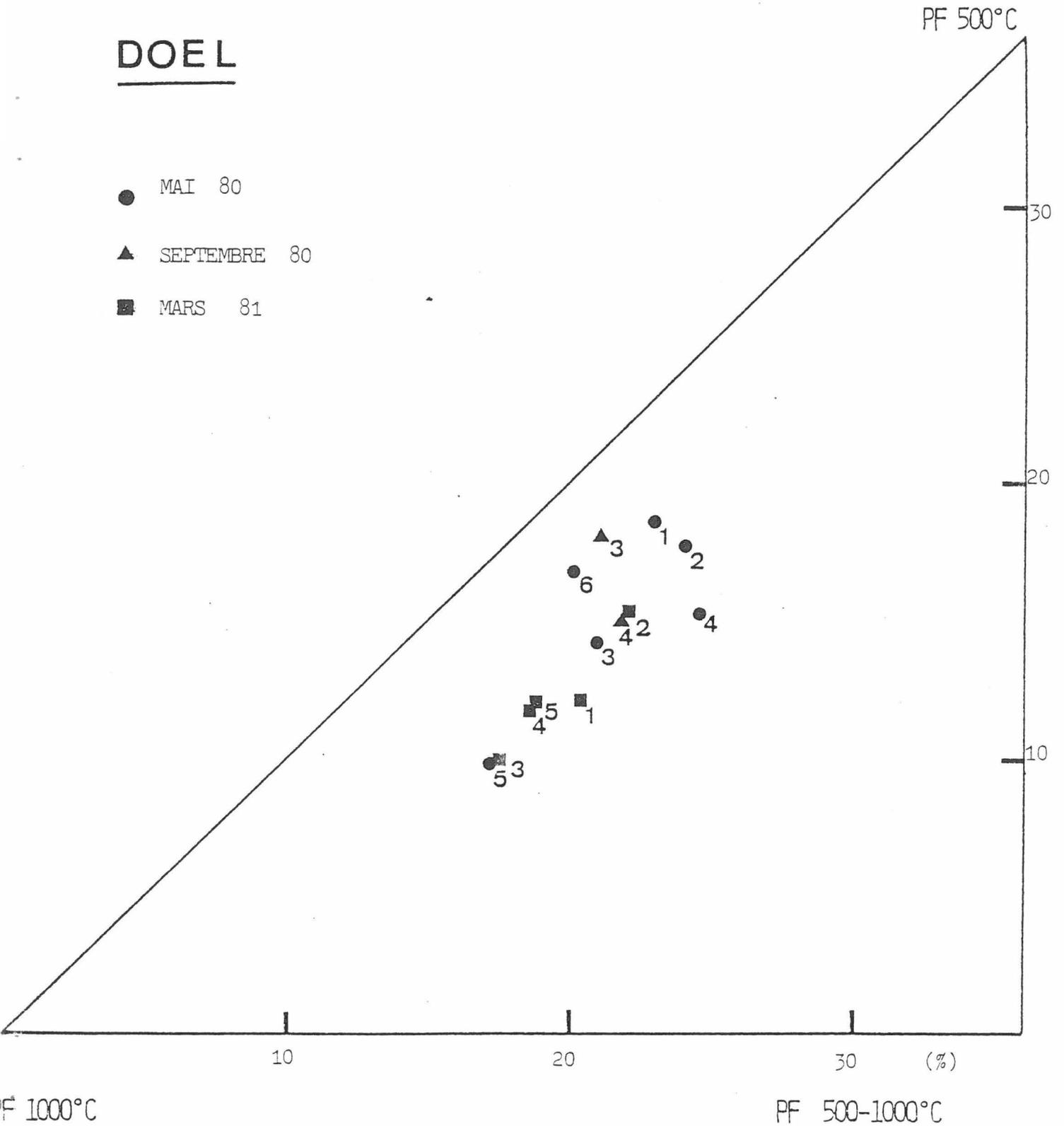


Figure III.4.: Détail de la figure III.1. dans le cas des matières en suspension prélevées à Rupelmonde par centrifugation en continu pendant 12 h à bord du Mechelen au mois de mai et septembre 1980 et en mars 1981. Les indices des points correspondent aux indices détaillés dans l'annexe 2.

RUPELMONDE

● MAI 80

▲ SEPTEMBRE 80

■ MARS 81

PF 500°C

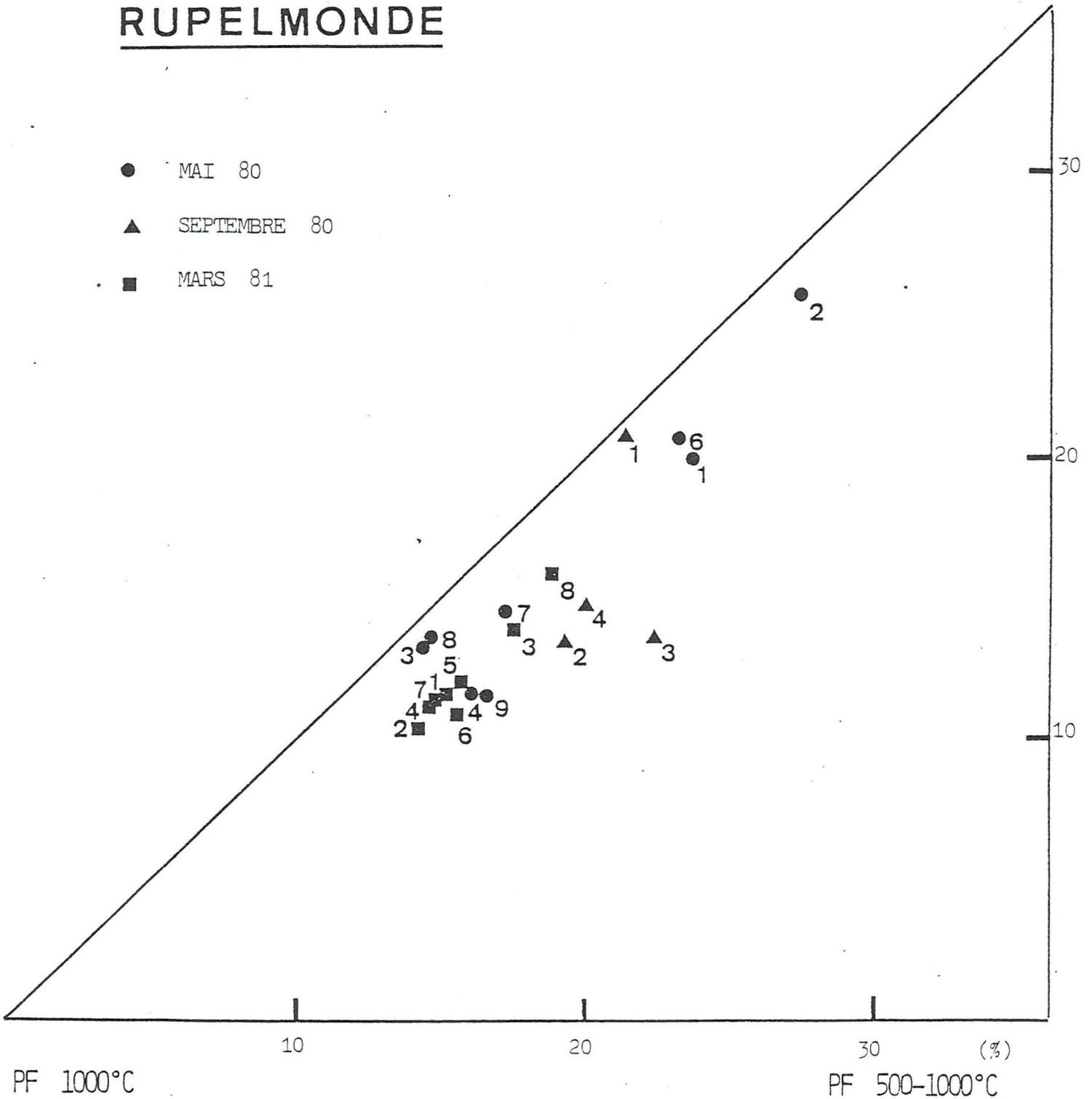
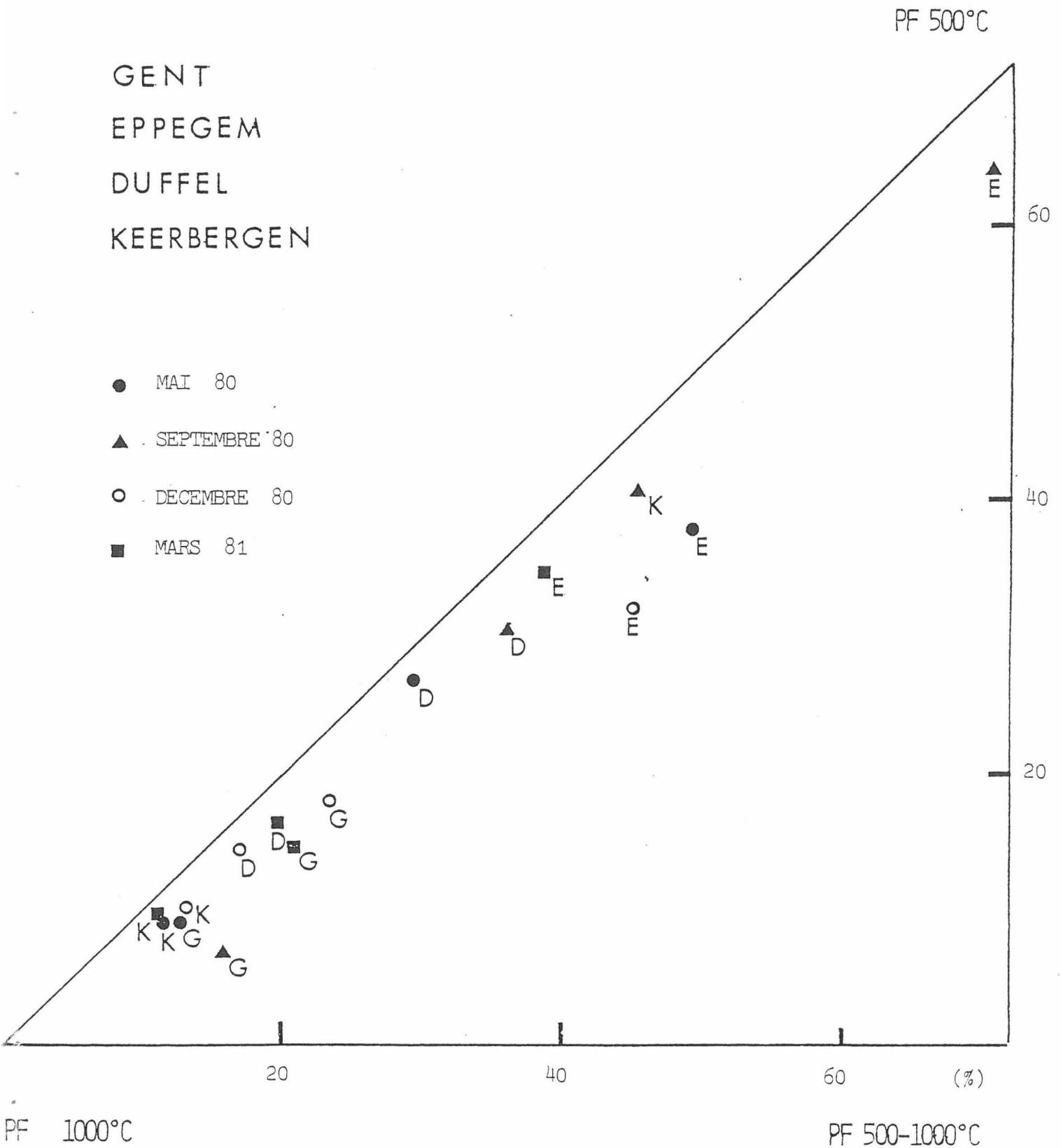


Figure III.5.: Détail de la figure III.1. dans le cas des matières en suspension prélevées par centrifugation en continu pendant 1 h, pour différentes périodes de l'année: dans la Senne (E), la Dyle (K), la Nète (D) et l'Escaut Supérieur (G).



III.2. Diffraction des RX

Les plaquettes orientées sont préparées par décantation d'1 gr d'échantillon remis en suspension à l'aide d'ultra-sons dans 100 ml d'eau distillée.

La matière organique et les carbonates sont éliminés en laissant les solutions une nuit à l'étuve à 60° C, après addition de deux gouttes d'HCl_{conc.} et 2 ml d'eau oxygénée.

Afin d'obtenir une dispersion homogène des particules, 50 ml de solution calgon (5 gr/l) sont ajoutés et les solutions sont placées sur un plateau vibrant pendant 24 h.

Finalement, après quelques minutes de décantation, les solutions sont versées sur des plaquettes en verre et les particules sédimentent selon une orientation préférentielle. Le maximum de solution est alors enlevé avec précaution à la pipette et ce qui reste est évaporé sous lampe IR.

Comme le montrent les figures suivantes, l'analyse par diffraction des RX a permis d'identifier les minéraux principaux présents dans les échantillons. Il s'agit essentiellement d'illite, de kaolinite, montmorillonites et chlorites, de quartz, de feldspath et plagioclases. Tous ces minéraux se retrouvent dans chaque échantillon en quantité variable.

Il ne semble pas que la composition minéralogique de la fraction fine puisse servir, dans l'état actuel des résultats, comme bon indicateur de l'origine des sédiments.

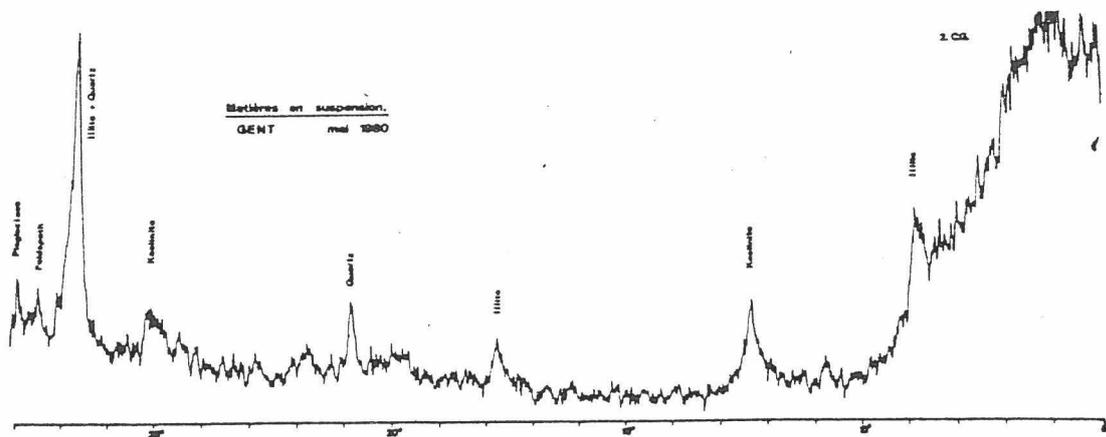
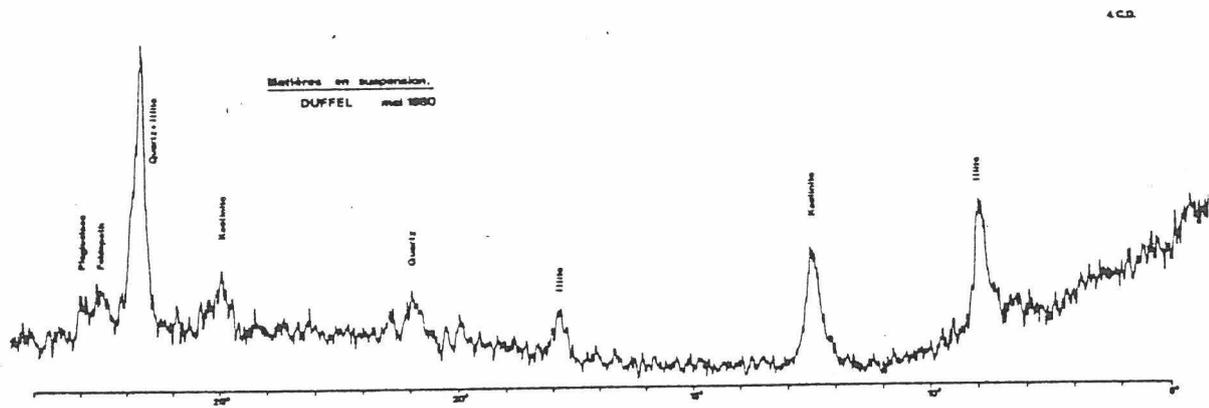
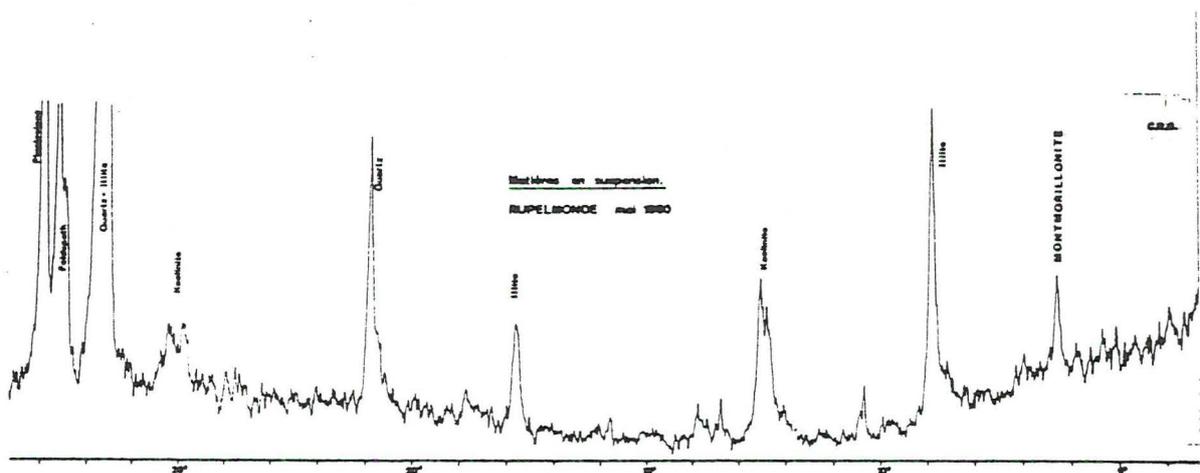
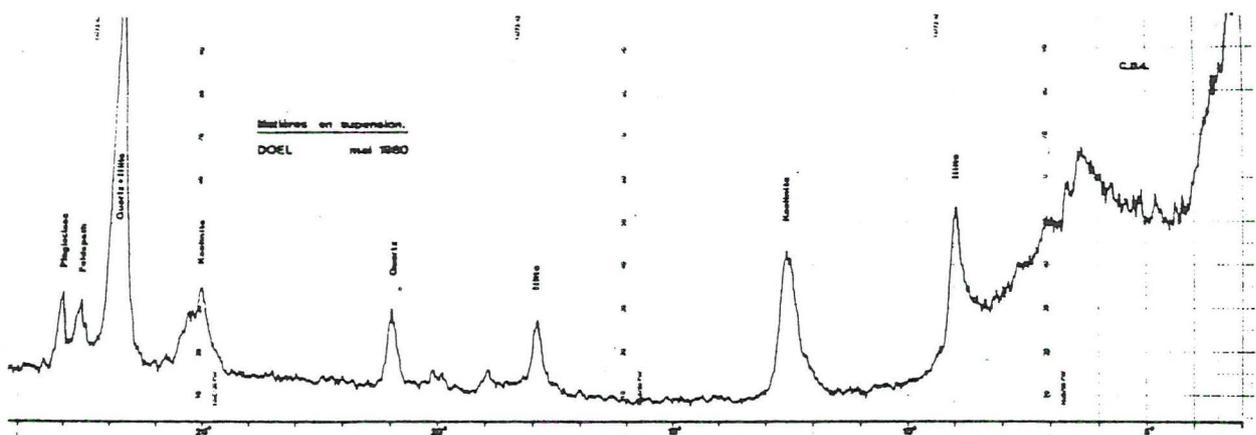
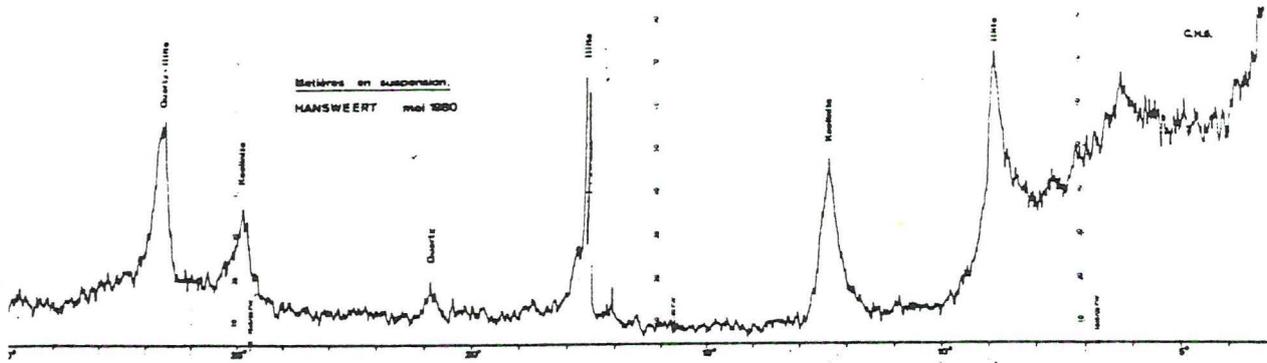


Figure III.6. : Diffractogrammes des plaquettes orientées réalisées au départ des échantillons de matières en suspension prélevées par centrifugation en continu dans le bassin de l'Escaut. Les minéraux principaux identifiés sont: l'illite, la kaolinite, la montmorillonite, les chlorites, le quartz, les feldspaths et les plagioclases.



III.3. - Fluorescence des rayons X et analyse chimique

Nous avons sélectionné quelques échantillons de matière en suspension des campagnes de centrifugation en continu afin de doser les éléments majeurs (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , TiO_2 , S, P_2O_5 ,) et mineurs (Sr, Pb, Cu, Zn, Ni, Y, Hg).

- par fluorescence des rayons X, nous avons dosé le Sr, Y, Pb, Cu, Ni sur pastilles. Celles-ci sont réalisées à l'aide d'une presse au départ d'1 g d'échantillon broyé et séché à 110°C et d'un liant. D'autre part, nous avons mesuré le Si, Fe, Al, K, Mg, Ca, Ti sur perles. Celles-ci sont coulées au départ d'un mélange de 0.84 g d'échantillon, 4.5 g de fondant lanthane et 0.06 g de Nitrate de sodium, fondu au four à 1100°C dans un creuset en platinium.

- par analyse chimique, après mise en solution des échantillons par attaque à HCl/HNO_3 , nous avons dosé les sulfates par néphélométrie et les phosphates par colorimétrie. Le Fer et le Mercure sont été analysés par spectrophotométrie d'absorption atomique.

TABLEAU III.3.: COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION DANS L'ESCAUT
ET SES AFFLUENTS (Senne, Dyle, Nete)

A. CENTRIFUGATION DE 12 h EN CONTINU (Mechelen)

1. HANSWEERT

	mai 1980	septembre 1980	valeur moyenne
PF 110/500°C	15.4	11.7	13.5
500/1000°C	6.3	9	7.6
Total	21.7	20.7	21.20
SiO ₂	56.85	-	56.85
Al ₂ O ₃	8.86	-	8.86
Fe ₂ O ₃	6.77	5.86	6.31
CaO	16.89	-	16.89
MgO	1.70	-	1.70
K ₂ O	1.98	-	1.98
TiO ₂	0.65	-	0.65
S	0.64	0.63	0.64
P ₂ O ₅	0.11	1.15	0.63
	<u>(94.45)</u>		<u>94.5</u>
Traces (ppm)			
Sr	390.2	489.8	440
Pb	115.1	142.0	128.5
Cu	67.3	107.3	87.30
Zn	-	-	-
Ni	-	-	-
Ittrium	136.1	6.09	71.1
Hg(Mg/g)	1.26	-	1.26

COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION DANS L'ESCAUT
ET SES AFFLUENTS (Senne, Dyle, Nete)

2. DOEL

(%)	mai 1980	septembre 1980	valeur moyenne
PF 110/500°C	19.2	16.3	
500/1000°C	3.6	5.0	
Total	22.8	21.4	22.1
SiO ₂	64.43	54.02	59.22
Al ₂ O ₃	8.91	14.80	11.86
Fe ₂ O ₃	10.18	8.55	9.36
CaO	12.44	10.99	11.7
MgO	1.73	1.71	1.72
K ₂ O	2.33	3.75	3.04
TiO ₂	0.80	0.78	0.79
S	0.46	0.85	0.65
P ₂ O ₅	<u>1.04</u>	<u>0.24</u>	<u>0.64</u>
	(102.32)	(95.69)	98.98)
Traces (ppm)			
Sr	317	227.9	272.4
Pb	303.4	186.4	244.4
Cu	184.6	233.3	208.9
Zn	-	-	-
Ni	-	-	-
Ittrium	41.6	33.66	37.6
Hg(Mg/g)	3.5	-	3.5

COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION DANS L'ESCAUT
ET SES AFFLUENTS (Senne, Dyle, Nete)

3. RUPELMONDE

	mai 1980	septembre 1980	valeur moyenne
PF 110/500°C %	15.4	15.4	
500/1000°C	2.7	4.9	
Total	18.1	20.41	19.26
SiO ₂	64.06	58.34	61.20
Al ₂ O ₃	8.37	11.72	10.04
Fe ₂ O ₃	8.82	10.89	9.85
CaO	8.22	8.70	8.46
MgO	1.32	1.31	1.32
K ₂ O	2.24	2.09	2.16
TiO ₂	0.79	0.83	0.81
S	0.41	0.55	0.48
P ₂ O ₅	<u>0.86</u>	<u>0.68</u>	<u>0.77</u>
	(95.09)	(95.11)	95.09
Traces (ppm)			
Sr	271.5	143.6	207.5
Pb	530.3	181.9	356
Cu	419.6	237.5	328.6
Zn	-	-	-
Ni	-	-	-
Ittrium	14.4	4.83	9.61
Hg(Mg/g)	3.4	-	3.4

COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION DANS L'ESCAUT
ET SES AFFLUENTS (Senne, Dyle, Nete)

B. CENTRIFUGATION DE 1 h EN CONTINU

1. ESCAUT SUPERIEUR (Heusden)

1980	Mai	Septembre	Décembre	Valeur moyenne
PF 110/500°C %	9.3	7.4	18.2	
500/1000°C	3.9	8.2	5.7	
Total	13.2	15.6	23.9	17.9
SiO ₂	63.56	75.16	-	69.36
Al ₂ O ₃	5.68	5.87	-	5.77
Fe ₂ O ₃	10.02	6.18	2.57	6.26
CaO	8.7	7.21	-	7.96
MgO	0.97	1.13	-	1.05
K ₂ O	1.67	2.48	-	2.07
TiO ₂	0.61	0.63	-	0.62
S	0.35	0.39	0.21	0.32
P ₂ O ₅	<u>3.86</u>	<u>1.36</u>	<u>2.53</u>	<u>2.58</u>
	(95.42)	(100.41)	-	95.99
Traces (ppm)				
Sr	210	145.9	153.3	169.7
Pb	135.1	125.3	226.7	218.9
Cu	164.1	296	343	267
Zn				
Ni	35.2	-	-	35.2
Ittrium	10.20	1.2	6.3	5.9
Hg(Mg/g)	2.14	1.21	-	1.67

COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION DANS L'ESCAUT
ET SES AFFLUENTS (Senne, Dyle, Nete)

2. SENNE (Epepegem)

1980	Mai	Septembre	Décembre	Valeur moyenne
PF 110/500°C %	38.1	64.2	32.2	
500/1000°C	11.2	6.5	13.2	
Total	49.3	70.7	45.4	55.13
SiO ₂	27.76	34.5	-	31.13
Al ₂ O ₃	5.26	5.48	-	5.37
Fe ₂ O ₃	10.13	11.13	2.61	7.96
CaO	35.13	15.31	-	25.22
MgO	1.12	0.65	-	0.88
K ₂ O	0.45	1.28	-	0.86
TiO ₂	0.58	0.81	-	0.69
S	0.53	0.41	0.13	0.35
P ₂ O ₅	4.33	13.68	2.13	6.7
	(85.29)	(83.25)		79.16
Traces (ppm)				
Sr	223.6	576.7	317.3	372.5
Pb	972.5	175.8	560.2	569.4
Cu	894.3	925	300	706.5
Zn				
Ni	22.8	-	-	22.8
Ittrium	n.d	4.8	7.9	6.35
Hg(Mg/g)	3.17	2.25	-	2.71

COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION DANS L'ESCAUT
ET SES AFFLUENTS (Senne, Dyle, Nete)

3. NETE (Duffel)

1980	Mai	Septembre	Décembre	Valeur moyenne
PF 110/500 %	27.5	30.7	14.8	
500/1000	2.7	5.2	2.2	
Total	30.2	36	17	27.7
SiO ₂	44.48	52.71	-	48.6
Al ₂ O ₃	19.71	10.48	-	15.09
Fe ₂ O ₃	17.55	6.02	n.d	11.8
CaO	11.4	7.60	-	9.52
MgO	0.92	0.99	-	0.96
K ₂ O	2.21	2.45	-	2.33
TiO ₂	0.66	0.76	-	0.71
S	0.39	0.35	n.d	0.37
P ₂ O ₅	<u>4.33</u>	<u>4.61</u>	<u>2.76</u>	<u>3.90</u>
	(101.69)	(85.97)		93.28
Traces (ppm)				
Sr	195.9	213.8	134	181
Pb	392.9	346	256.8	331.9
Cu	534.9	195	299	342.9
Zn				
Ni	253.2	-	-	253.2
Ittrium	15.9	5.7	4.14	8.6
Hg(Mg/g)	12.68	7.19	-	9.93

COMPOSITION DES MATIERES EN SUSPENSION DANS L'ESCAUT
ET SES AFFLUENTS (Senne, Dyle, Nete)

4. DYLE (Keerbergen)

1980	Mai	Septembre	Décembre	Valeur moyenne
PF 110/500°C %	9.5	40.6	10.2	
500/1000°C	2.2	4.1	2.8	
Total	11.7	44.7	13	23.13
SiO ₂	70.01	53.26	-	61.63
Al ₂ O ₃	7.0	8.21	-	7.6
Fe ₂ O ₃	8.0	14.28	6.96	9.5
CaO	5.45	7.88	-	6.66
MgO	0.9	0.74	-	0.82
K ₂ O	1.82	2.70	-	2.26
TiO ₂	0.81	6.68	-	3.74
S	0.16	0.49	n.d	0.32
P ₂ O ₅	1.46	3.58	2.12	2.38
	(95.61)	(97.82)	-	94.92
Traces (ppm)				
Sr	192.6	188.9	84	155
Pb	761.2	308	328.4	465.8
Cu	232.1	331	280	281.0
Zn				
Ni	221.3	-	-	221.3
Ittrium	19.8	2.45	1.88	8.04
Hg(Mg/g)	1.70	6.27	-	3.98

	Hansweert	Doel	Rupelmonde	Escaut Supérieur	Senne	Dyle	Nète	Vase	Matières en suspension	Sable
PF 110/500°C	13.5	17.8	15.4	11.6	44.8	24	20			
500/1000°C	7.6	4.3	7.6	5.9	10.3	3.4	3			
TOTAL	21.2	22.1	19.26	17.9	55.13	27.7	23.1	13.05	18.64	2.71
SiO ₂	56.85	59.22	61.20	69.36	31.13	48.6	61.63	59.35	45.4	89.3
Al ₂ O ₃	8.86	11.86	10.04	5.77	5.37	15.09	7.6	7.35	10.4	2.1
Fe ₂ O ₃	6.31	9.36	9.85	6.26	7.96	11.8	9.51	5.23	7.22	1.62
CaO	16.89	11.7	8.46	7.96	25.22	9.52	6.66	6.96	7.92	2.68
MgO	1.70	1.72	1.32	1.05	0.88	0.96	0.82	-	-	-
K ₂ O	1.98	3.04	2.16	2.07	0.86	2.33	2.26	2.24	2.23	1.62
TiO ₂	0.65	0.79	0.81	0.62	0.69	0.71	3.74	0.54	0.63	0.22
S	0.64	0.65	0.48	0.32	0.35	0.37	0.32	1.00	1.93	0.14
P ₂ O ₅	0.63	0.64	0.77	2.58	6.7	3.9	2.38	1.30	1.04	0.27
	94.5	98.9	95.09	95.93	79.16	93.3	94.9	97.01	95.41	100.66
<u>Traces (ppm)</u>										
Sr	440	272.4	207.9	169.7	372.5	181	155			
Pb	128.5	244.9	356	218.9	569.4	331.9	465.8			
Cu	87.3	208.9	328.6	267	706.5	342.9	281.0			
Zn	-	-	-	-	-	-	-			
Ni	-	-	-	35.2	22.8	253.2	221.3			
Yttrium	71.1	37.6	9.6	5.9	6.35	8.6	8.04			
Hg	1.26	3.5	3.4	1.67	2.71	9.9	3.98			

(RAPPORT DE SYNTHESE)

TABLEAU III.4.: Résumé des valeurs moyennes de la composition des échantillons de matière en suspension prélevées par centrifugation en continu dans le bassin de l'Escaut en 1980-1981, en vis-à-vis des valeurs présentées dans le Rapport de Synthèse (origine et mécanismes de l'envasement de l'estuaire de l'Escaut

Ces tableaux témoignent de la constance dans la composition des matières en suspension dans le bassin de l'Escaut, à la fois dans le temps et dans l'espace, comme le montraient déjà les diffractogrammes aux rayons X.

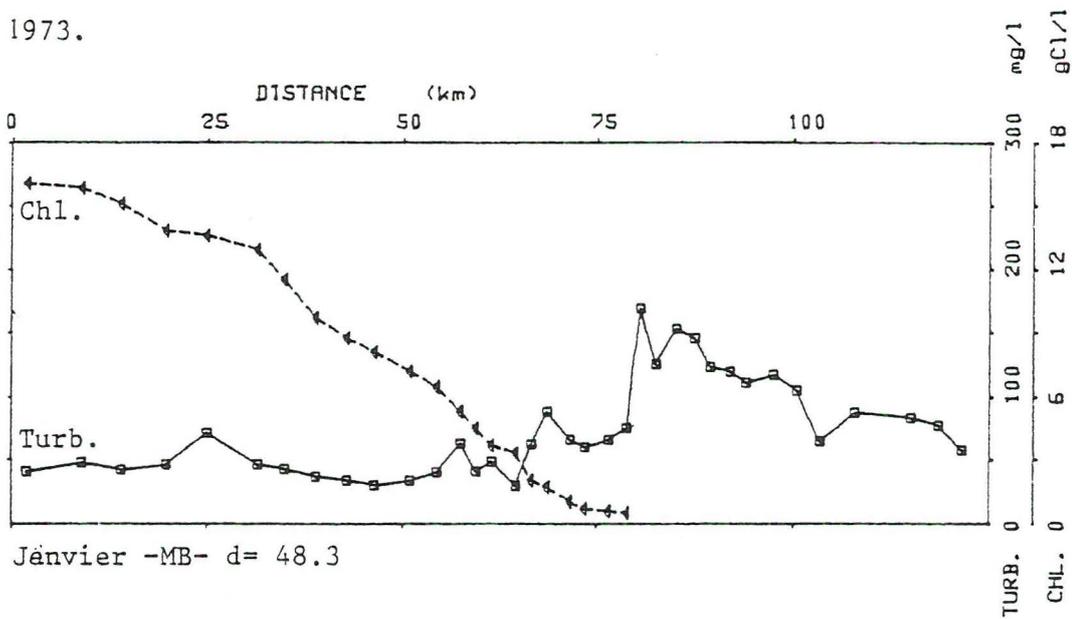
En ce qui concerne les stations de Hansweert, de Doel et de Rupelmonde, la composition des matières en suspension est proche de celle des vases.

Dans le cas des matières en suspension prélevées dans les sous-bassins de l'Escaut, on notera essentiellement la teneur en SiO_2 dans la Senne et la Dyle, la teneur élevée en Al_2O_3 dans la Dyle et très élevée en CaO dans la Senne. Dans le cas de tous les affluents, la teneur est remarquablement élevée en soufre phosphate, plomb et cuivre, indicateurs de pollution à la fois industrielle, domestique et agricole.

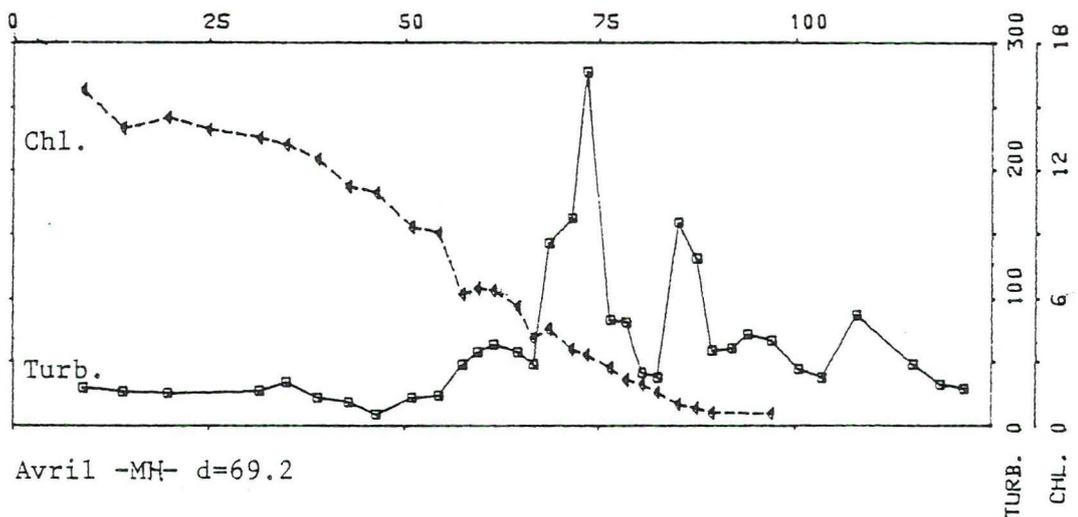
Les mesures des concentrations des éléments majeurs tels que le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium dans les matières en suspension sont d'un intérêt particulier dans l'étude de la contribution des cations échangeables entre la mer et la rivière. Ceci pourrait notamment faire l'objet d'une étude ultérieure.

ANNEXE 1 : Profils longitudinaux de turbidité et salinité mesurés dans l'estuaire de l'Escaut depuis 1973 à marée basse. Le débit d'eau douce à Anvers est mentionné sous chaque profil.

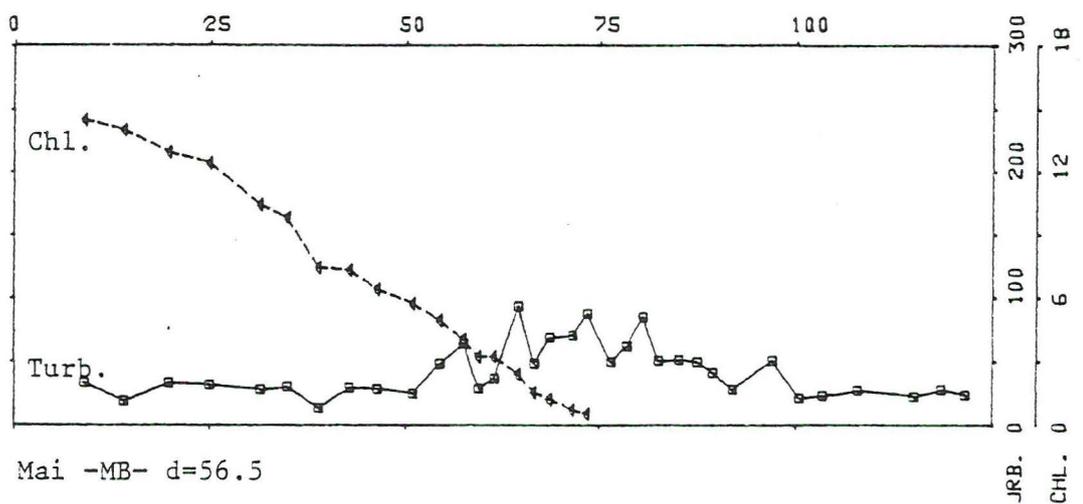
1973.



Janvier -MB- d= 48.3

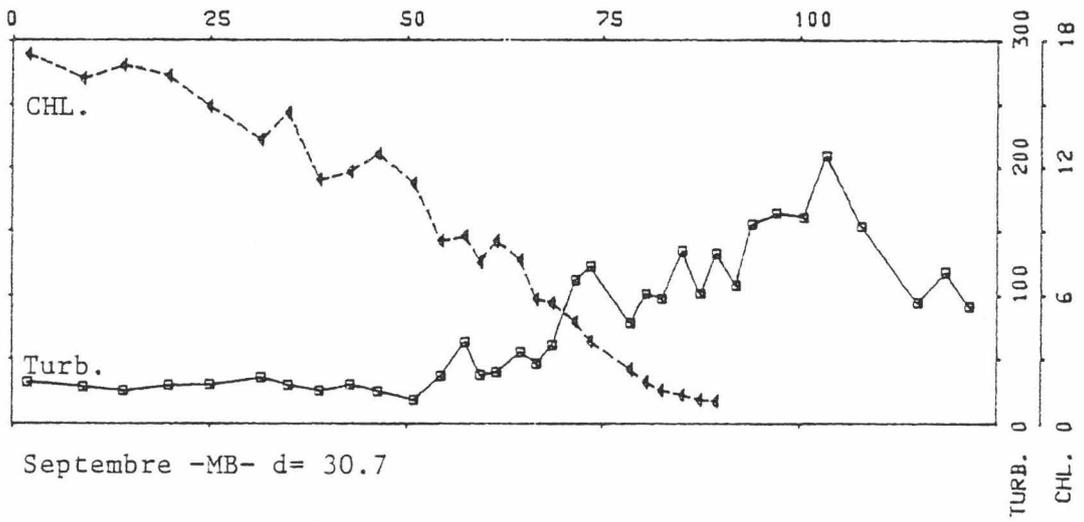
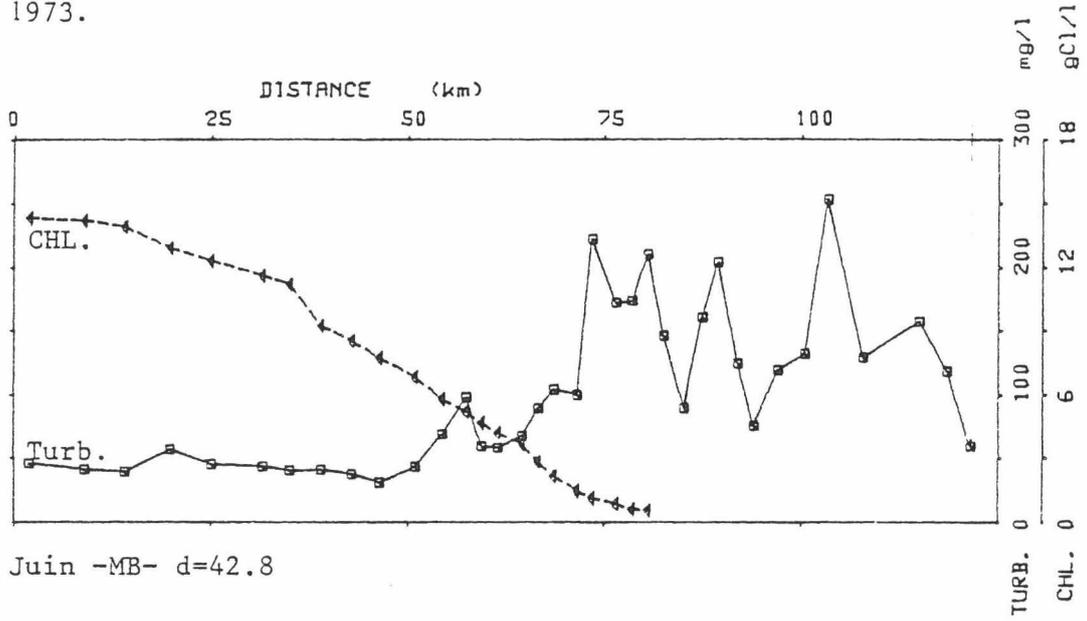


Avril -MH- d=69.2

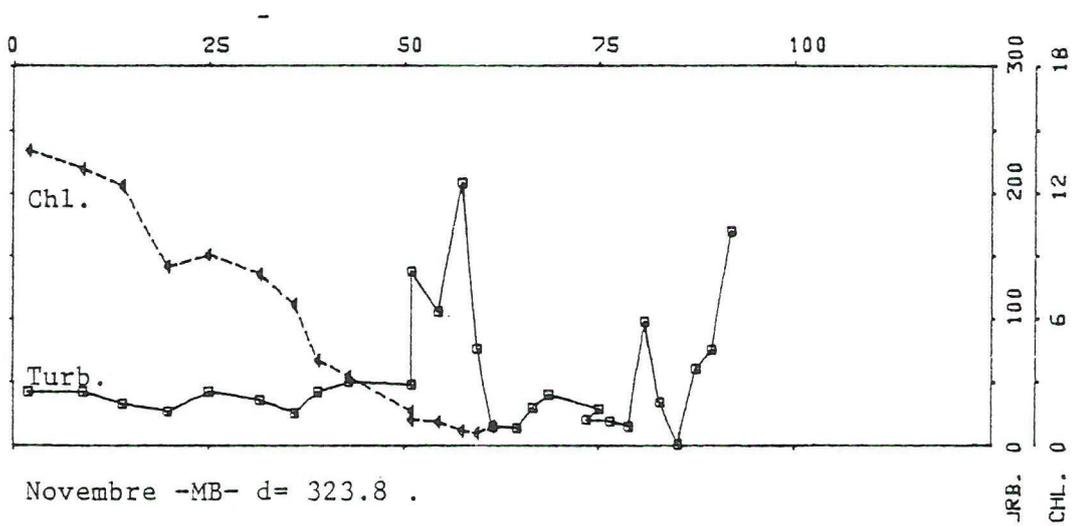
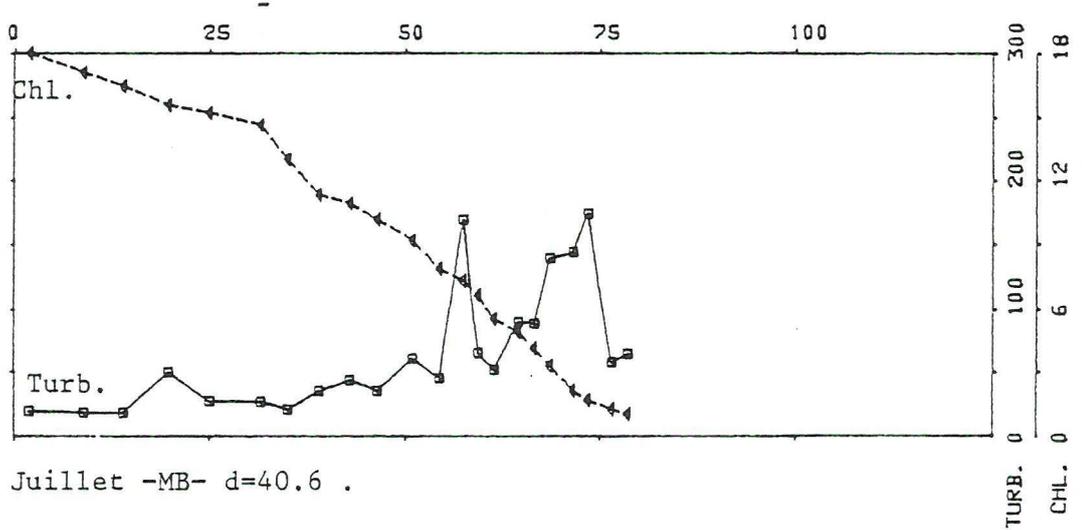
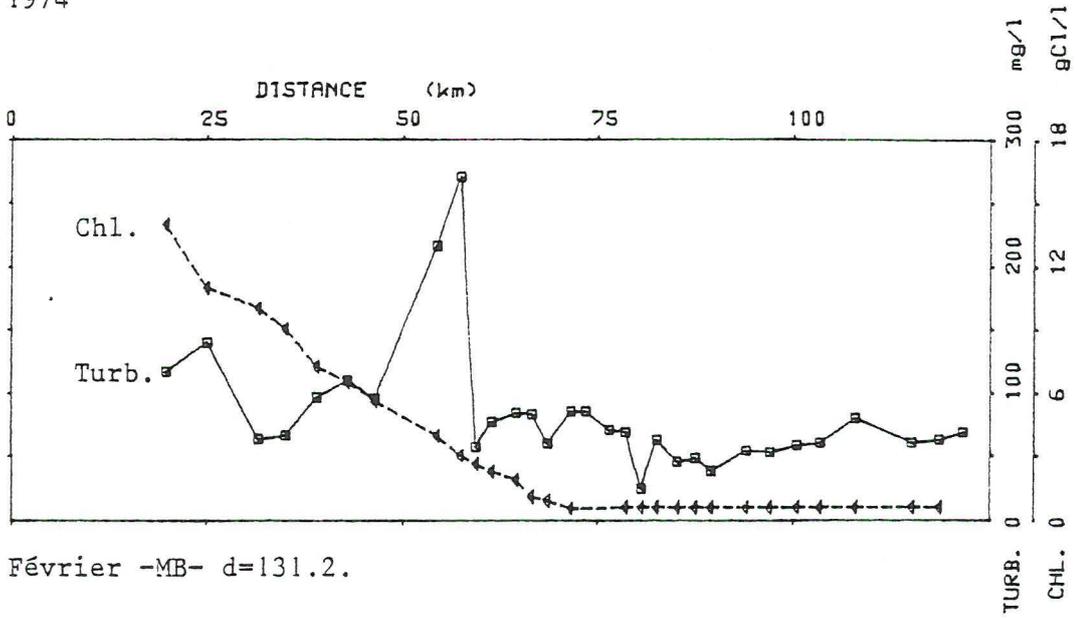


Mai -MB- d=56.5

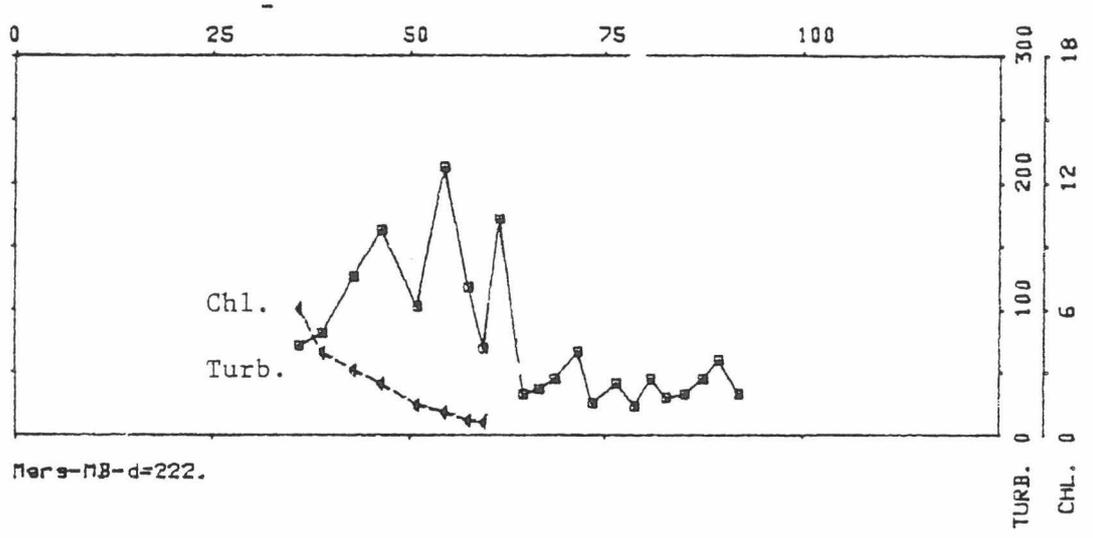
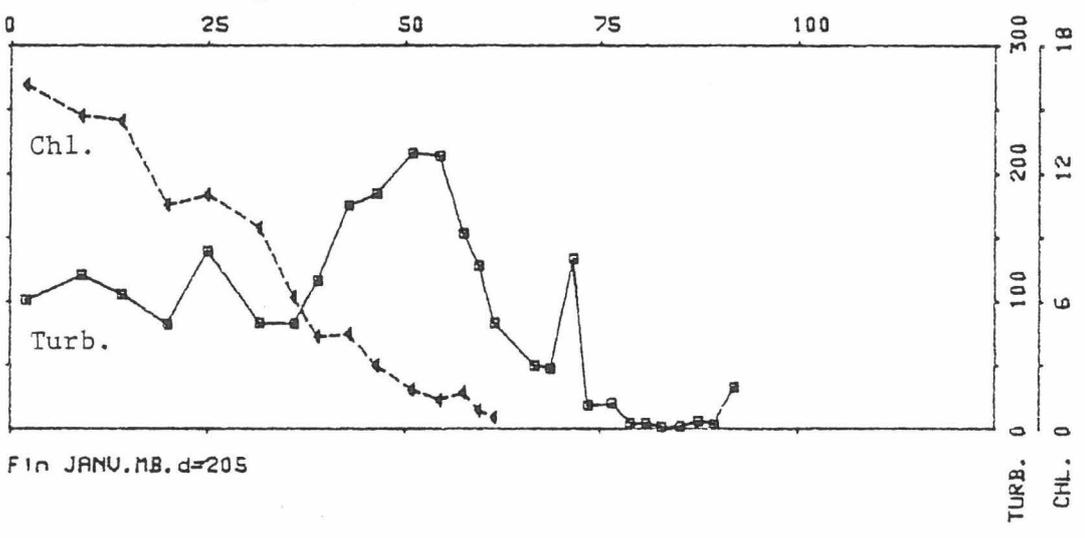
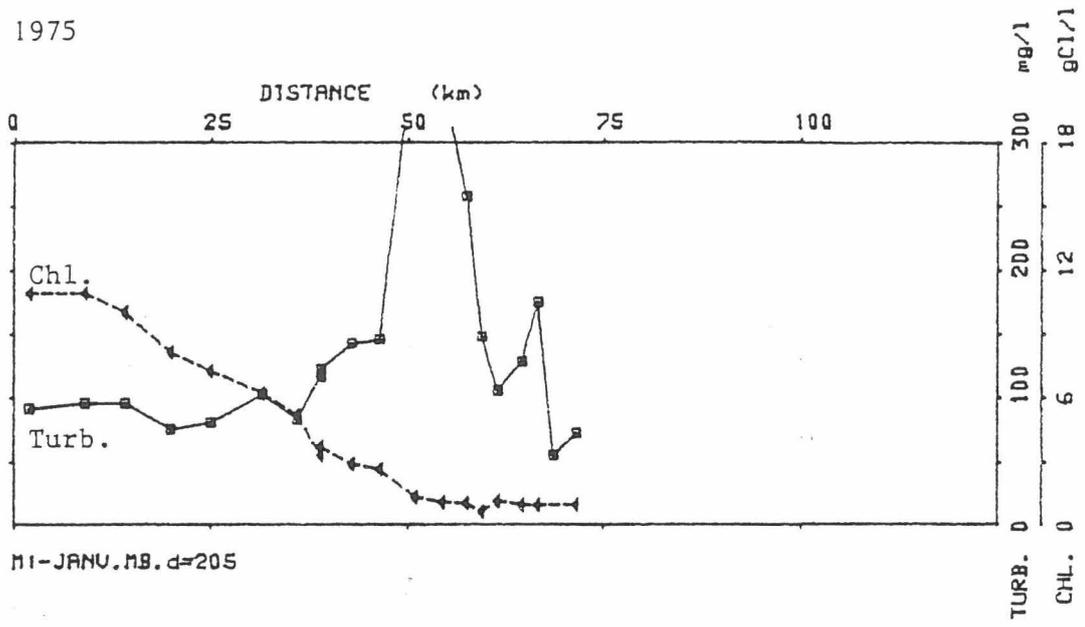
1973.



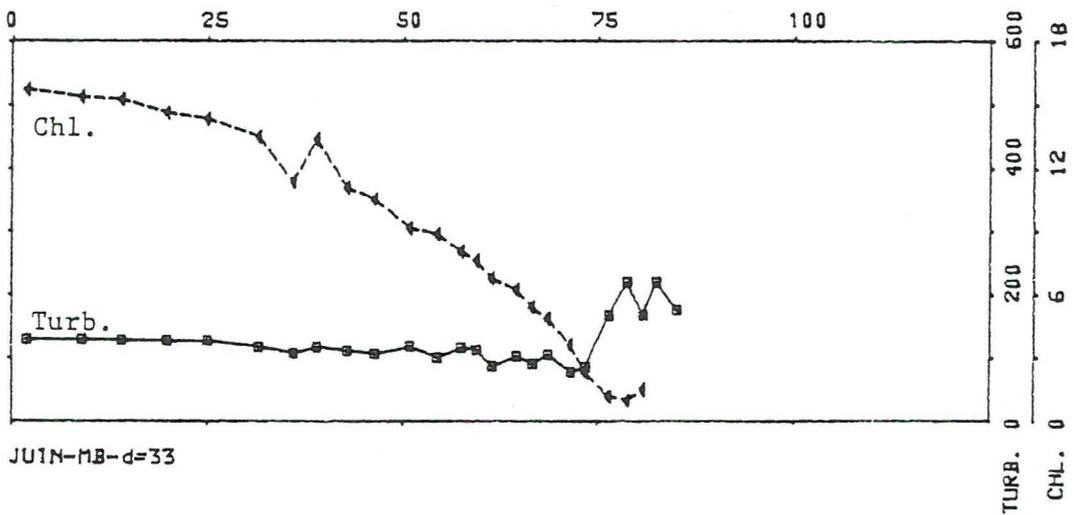
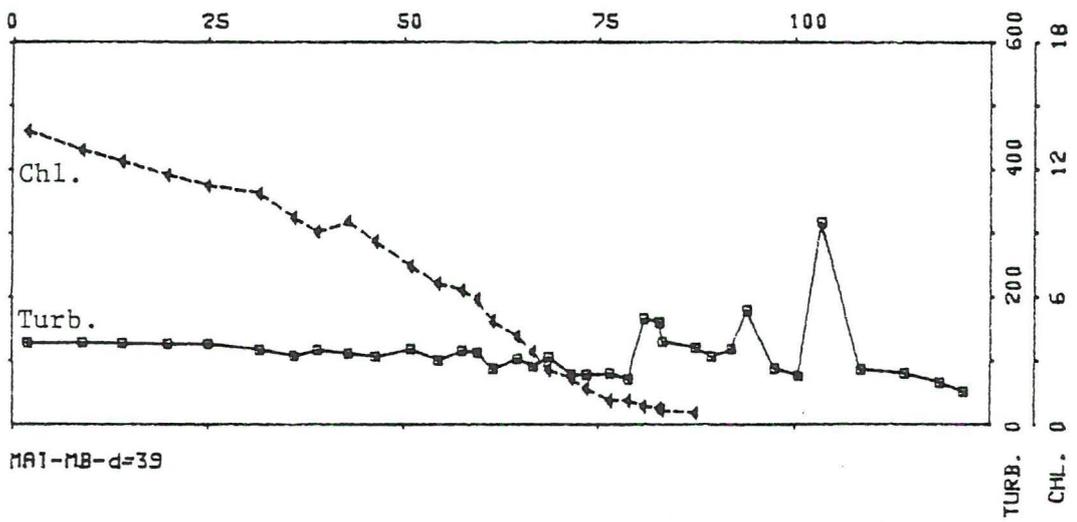
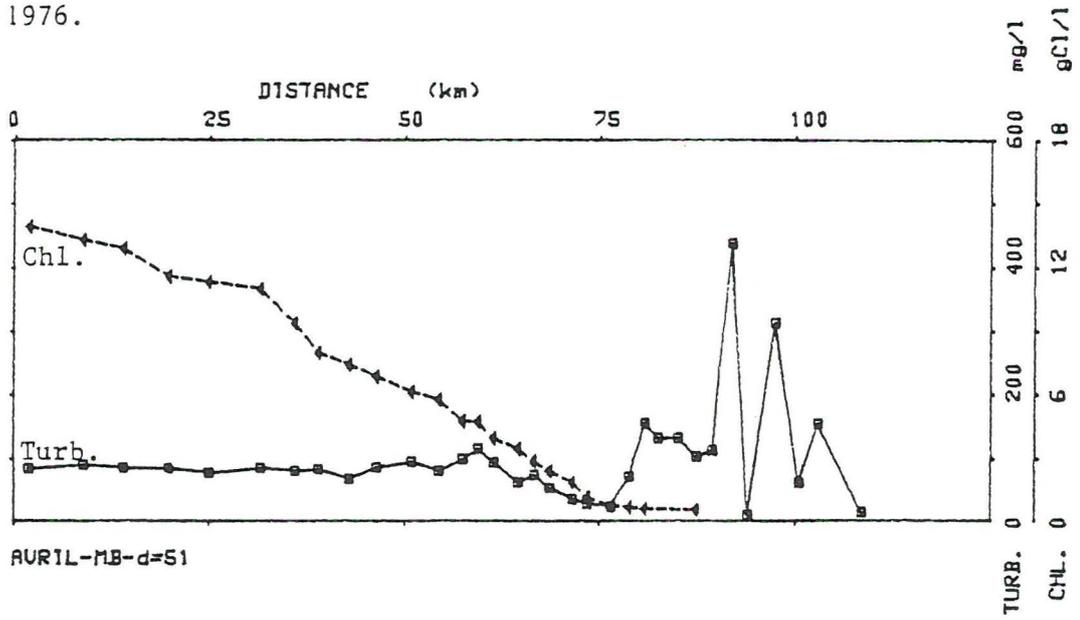
1974



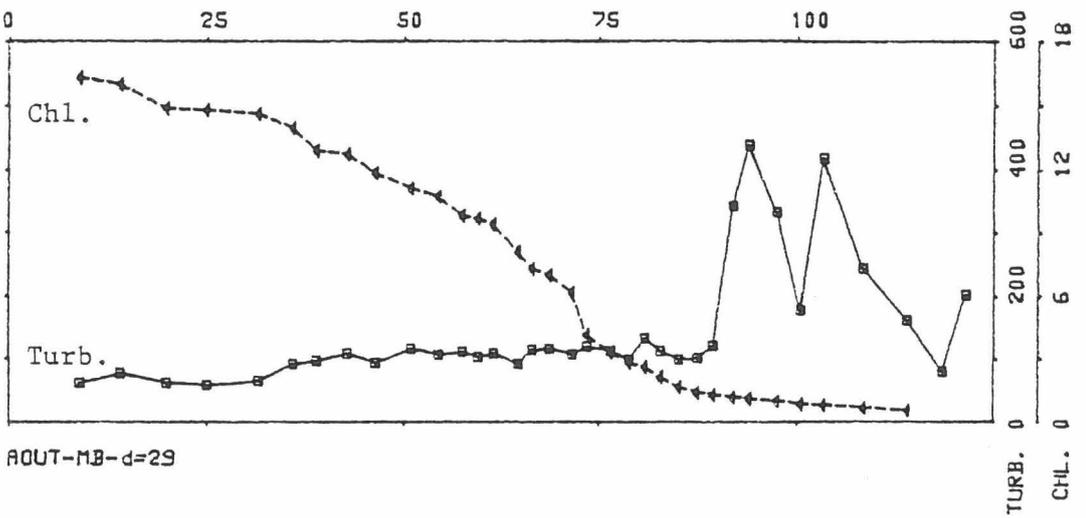
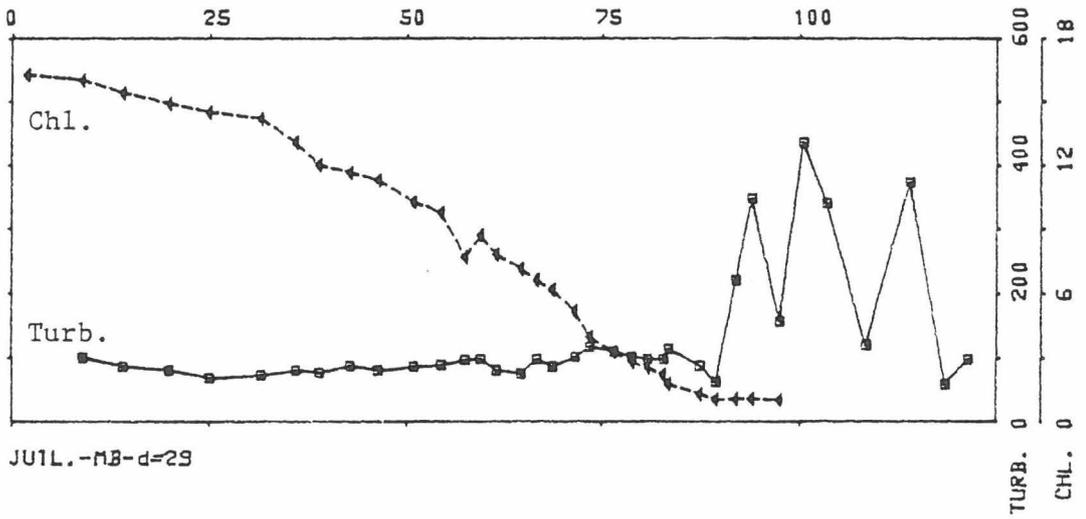
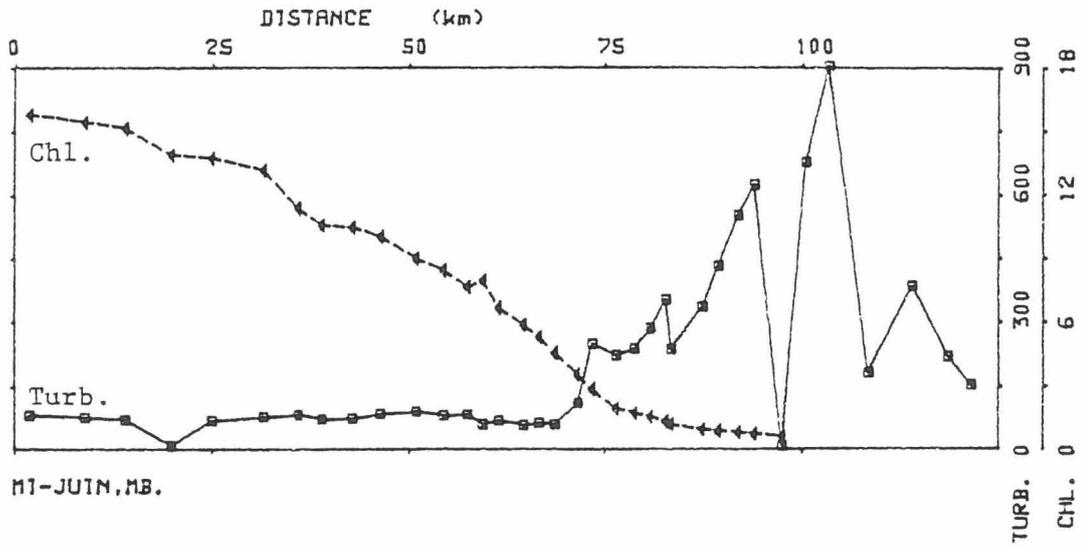
1975



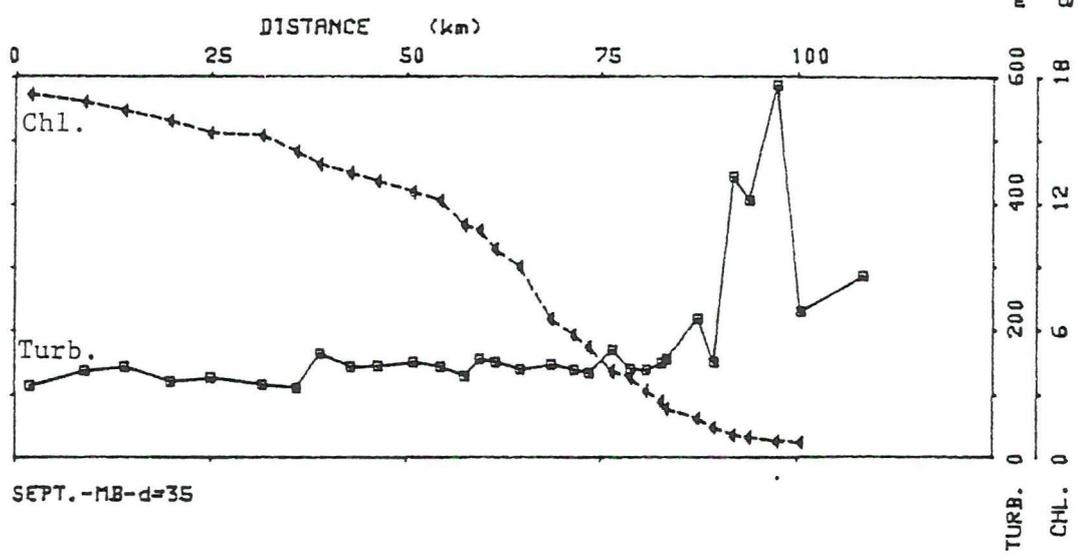
1976.



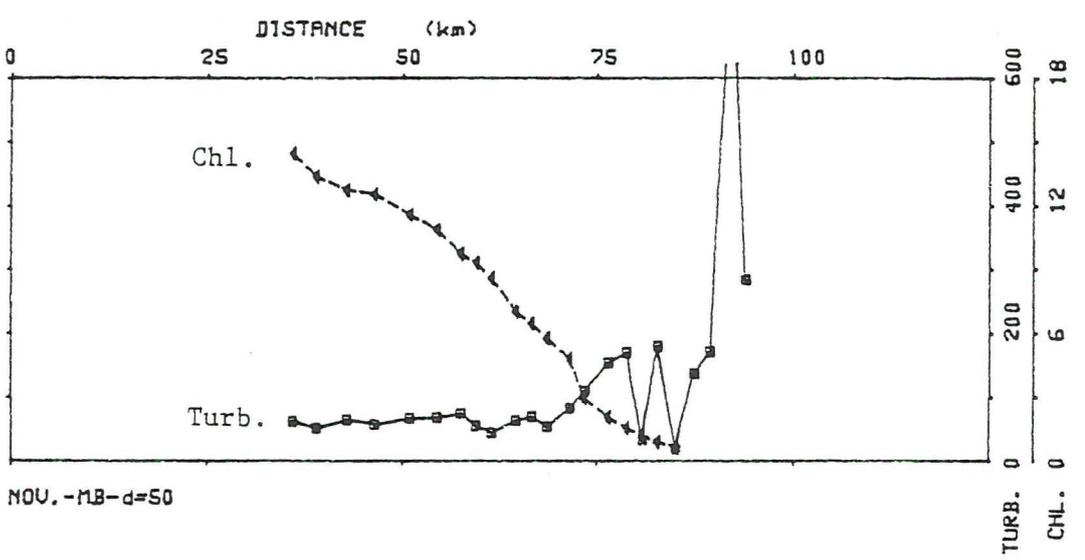
1976.



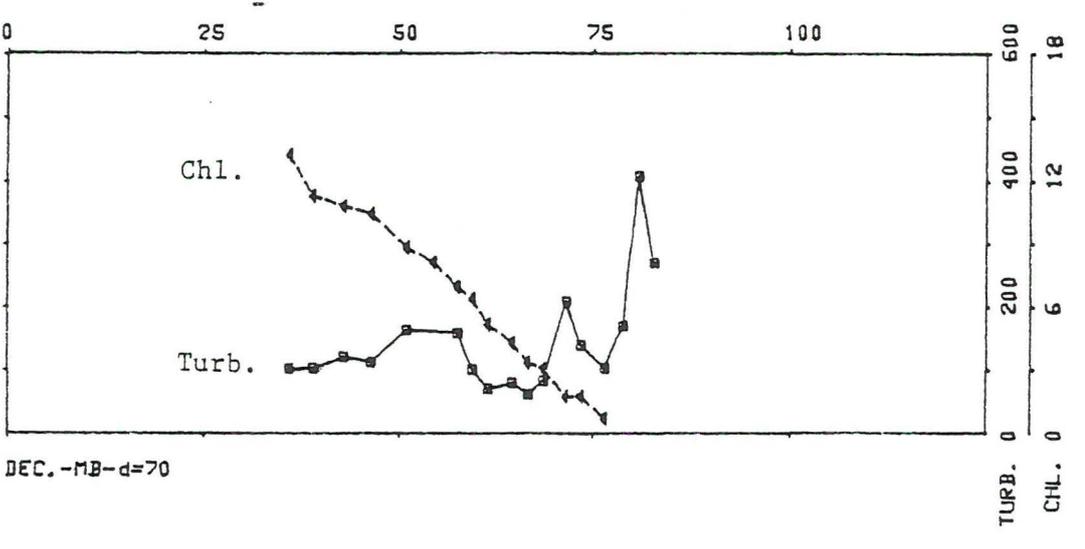
1976.



SEPT.-MB-d=35

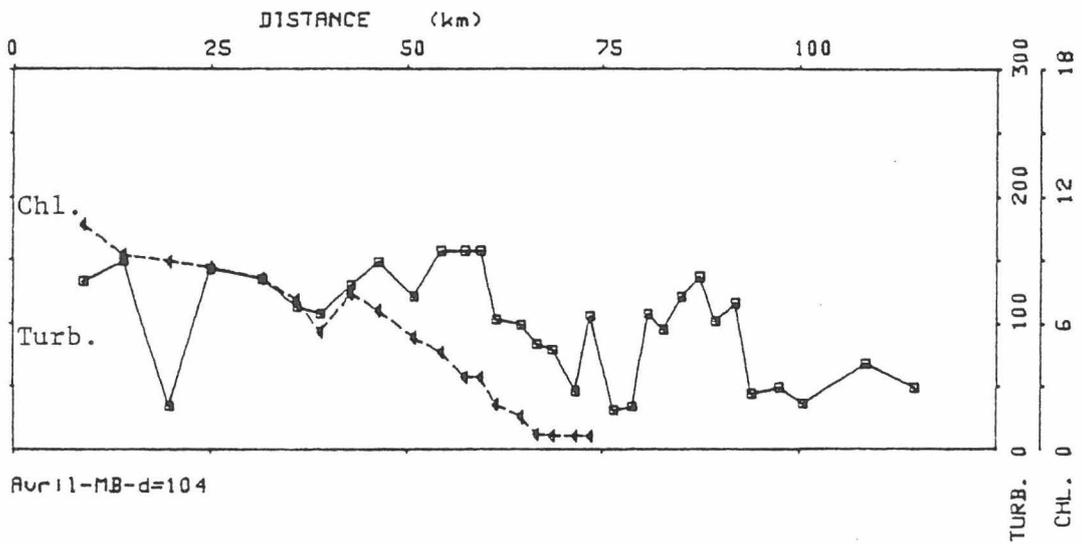
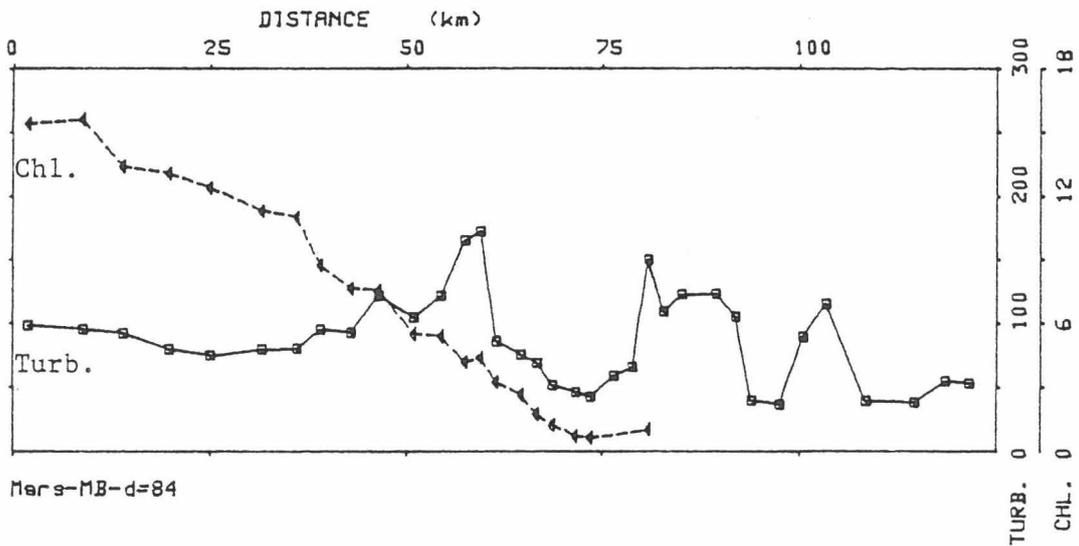
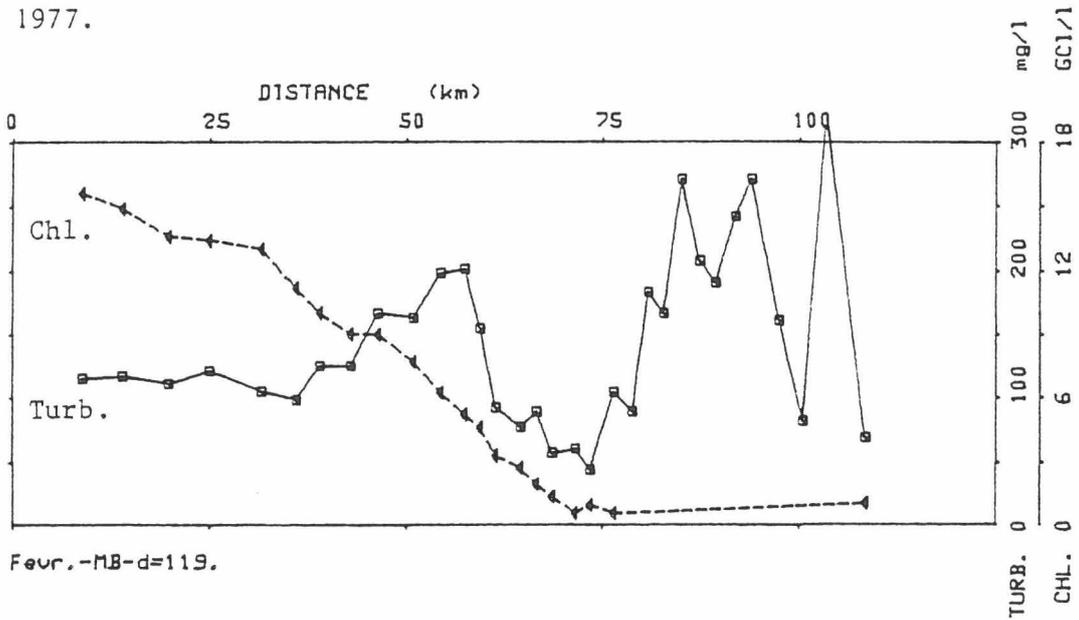


NOV.-MB-d=50

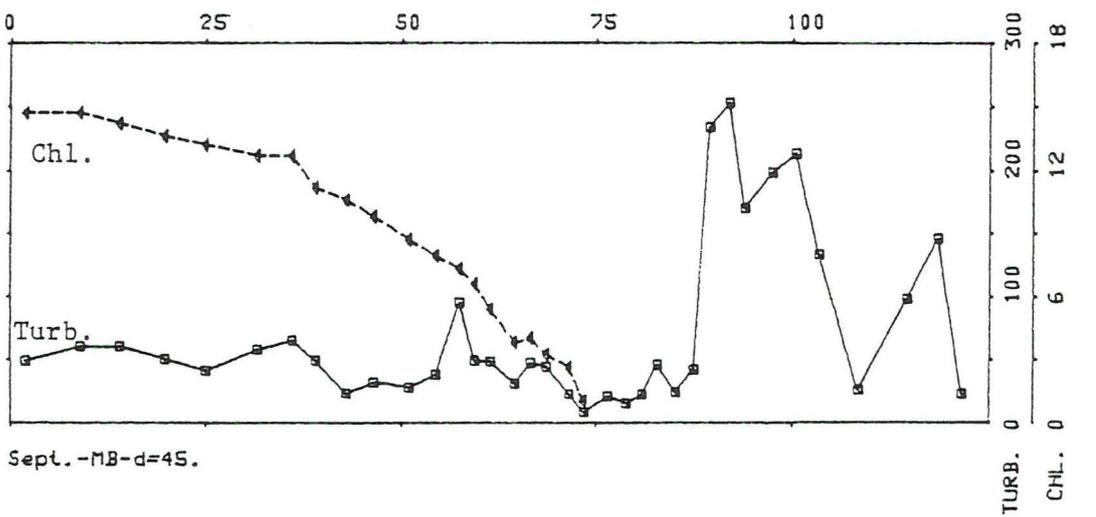
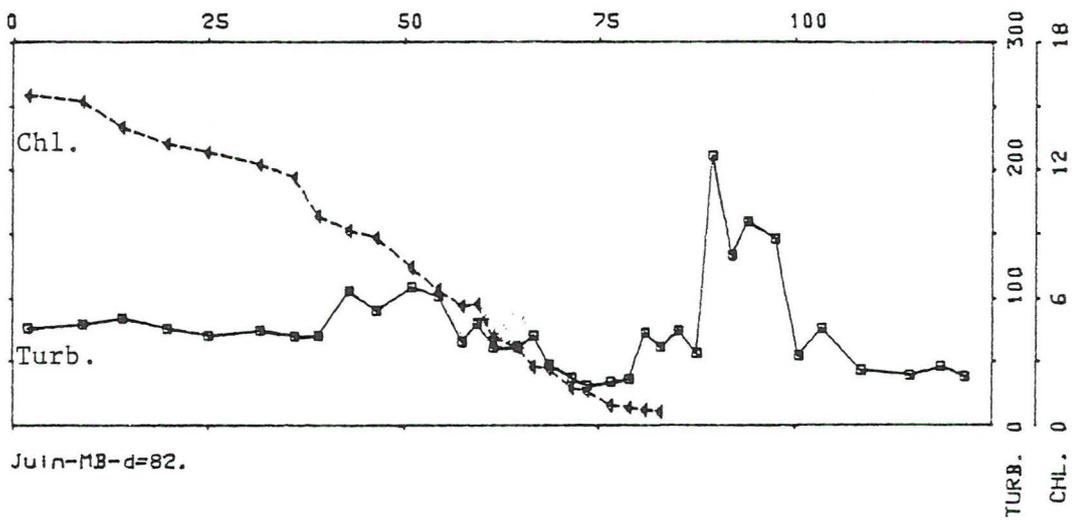
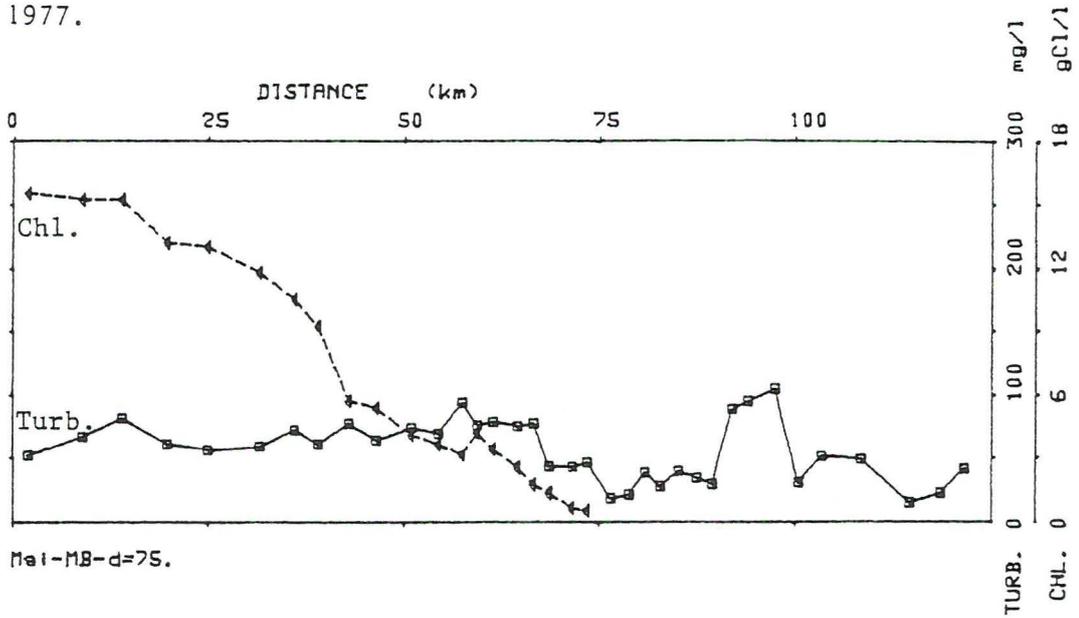


DEC.-MB-d=70

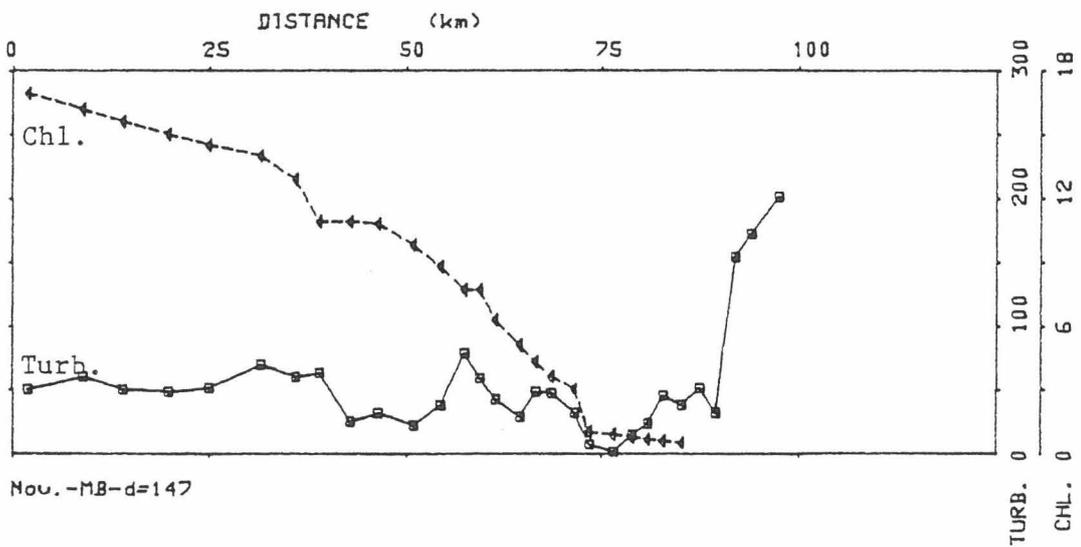
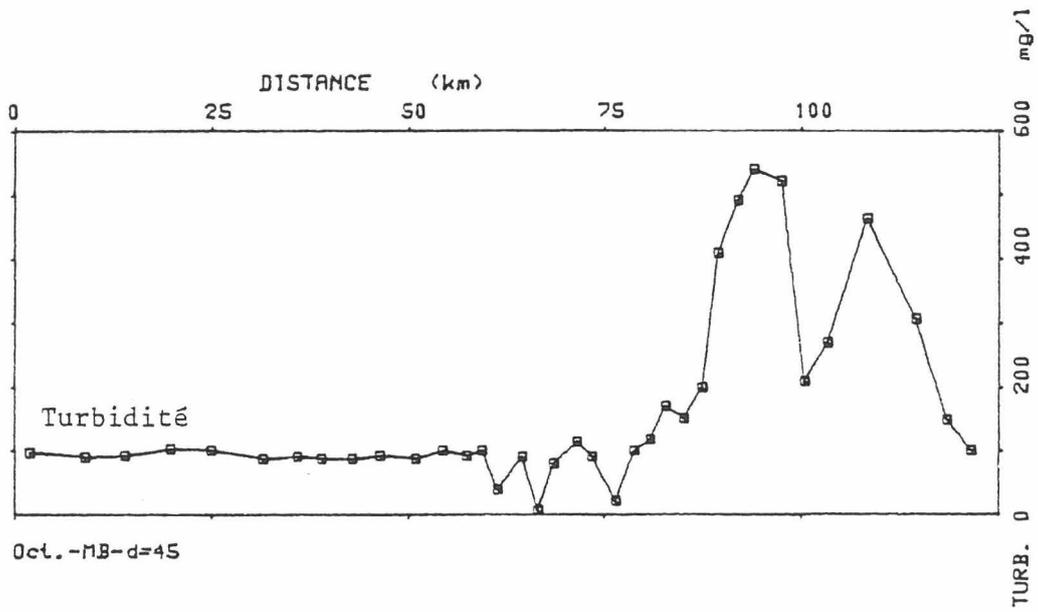
1977.



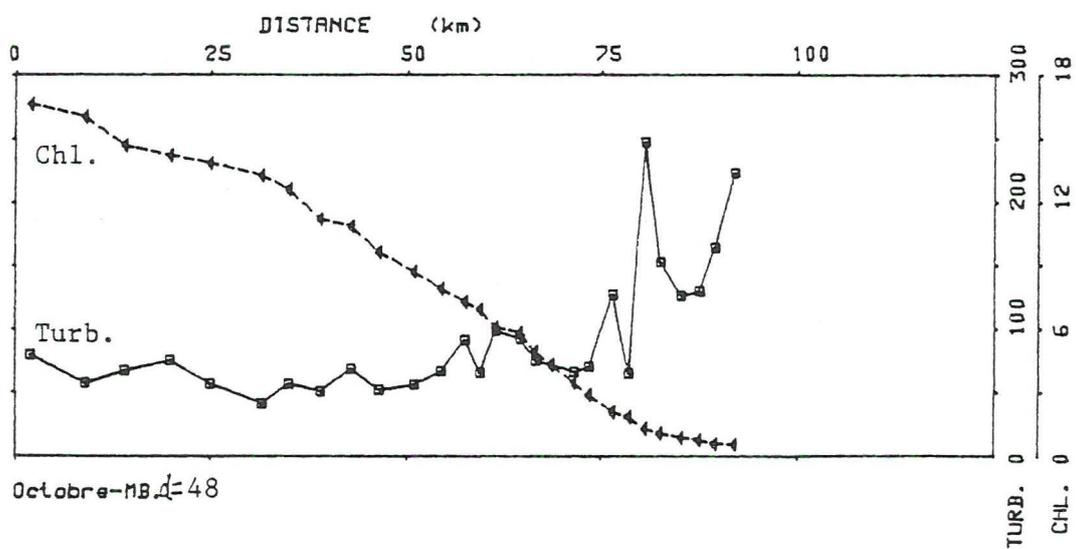
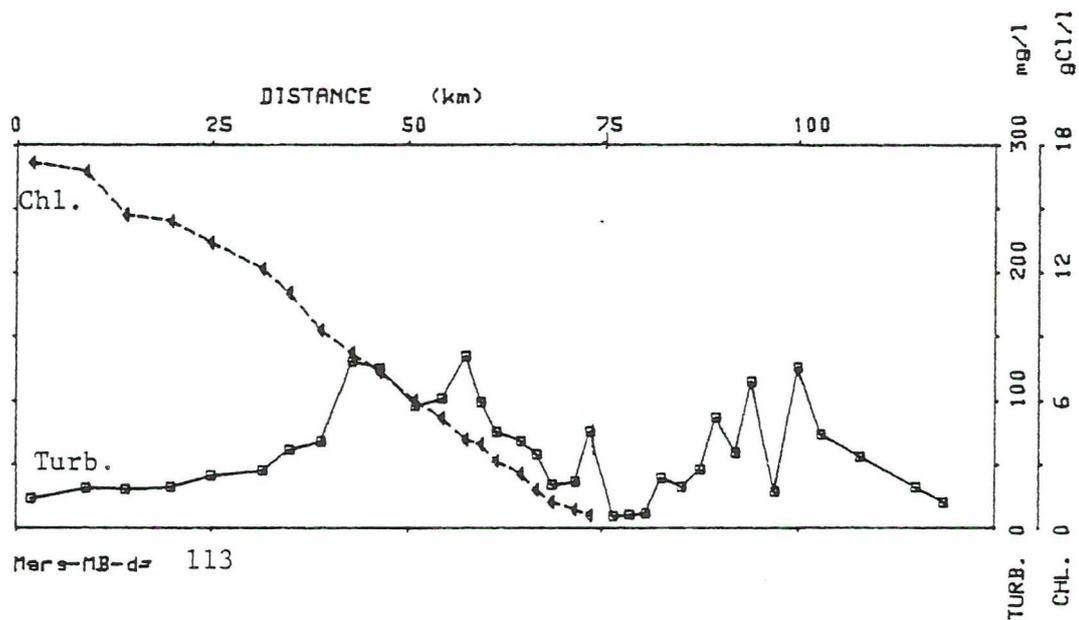
1977.

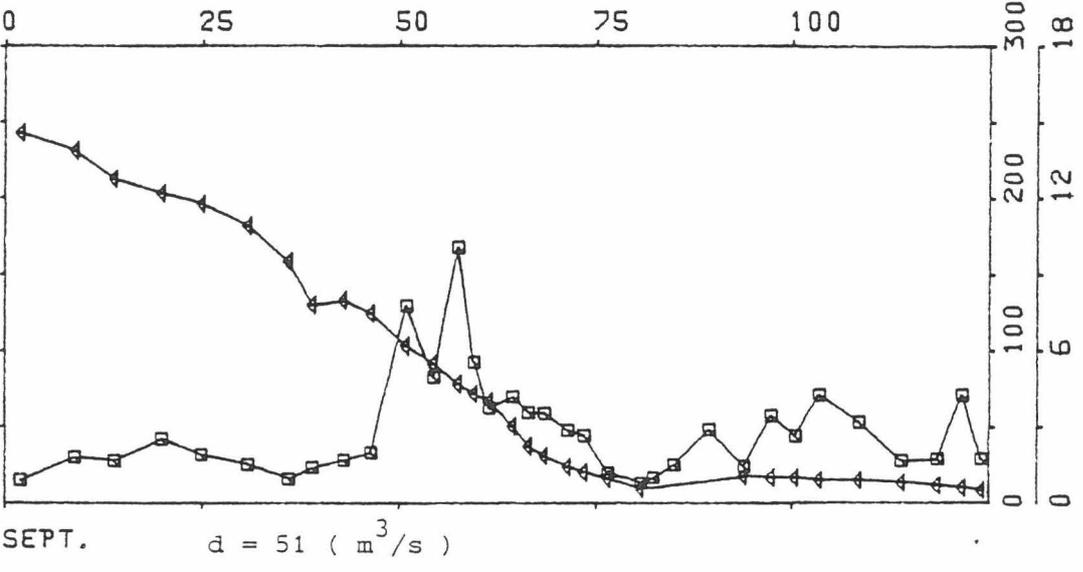
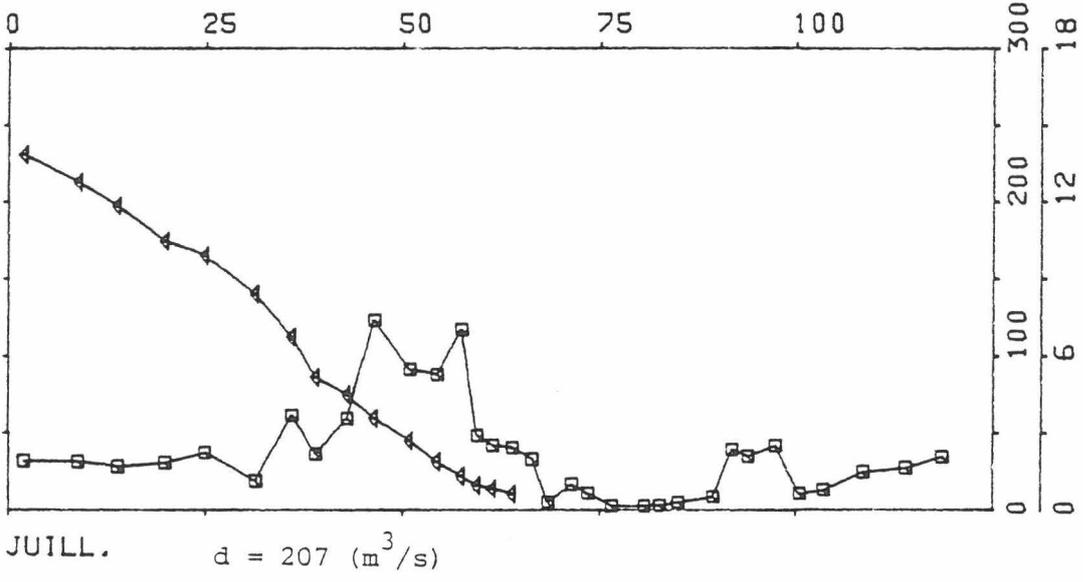
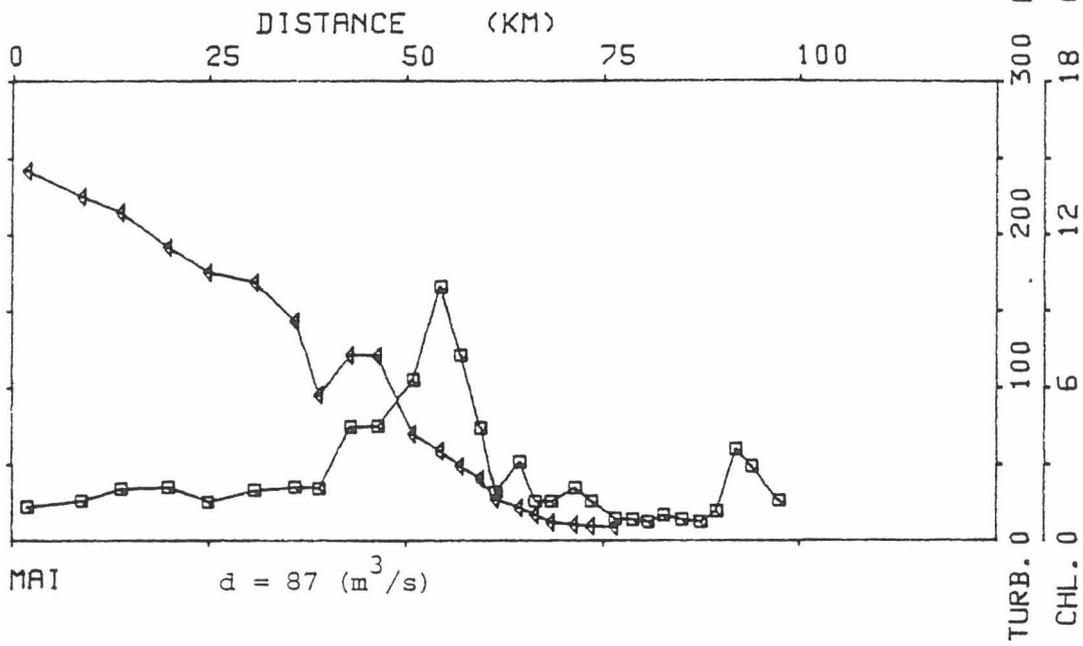


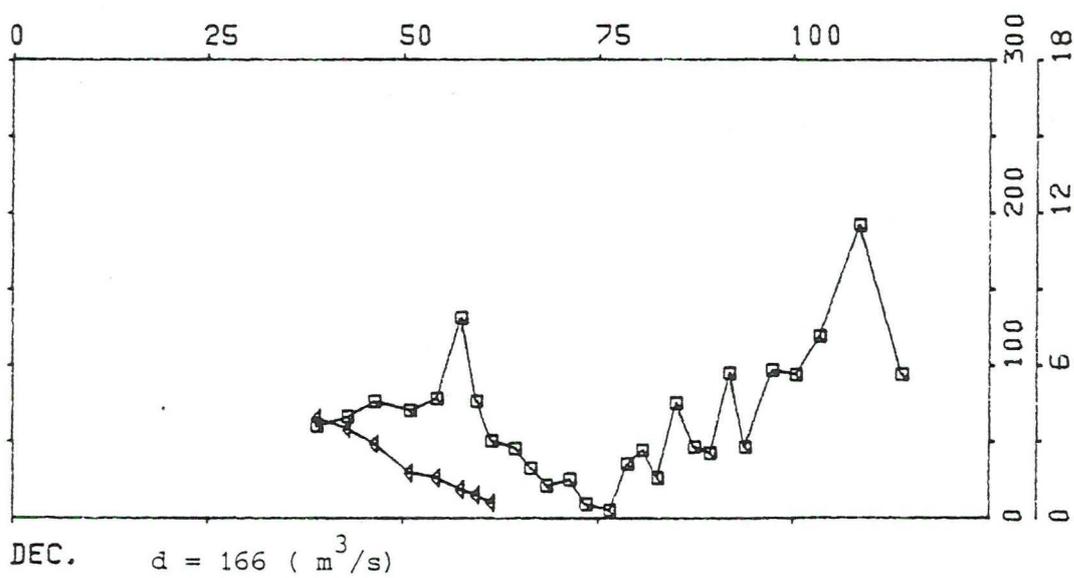
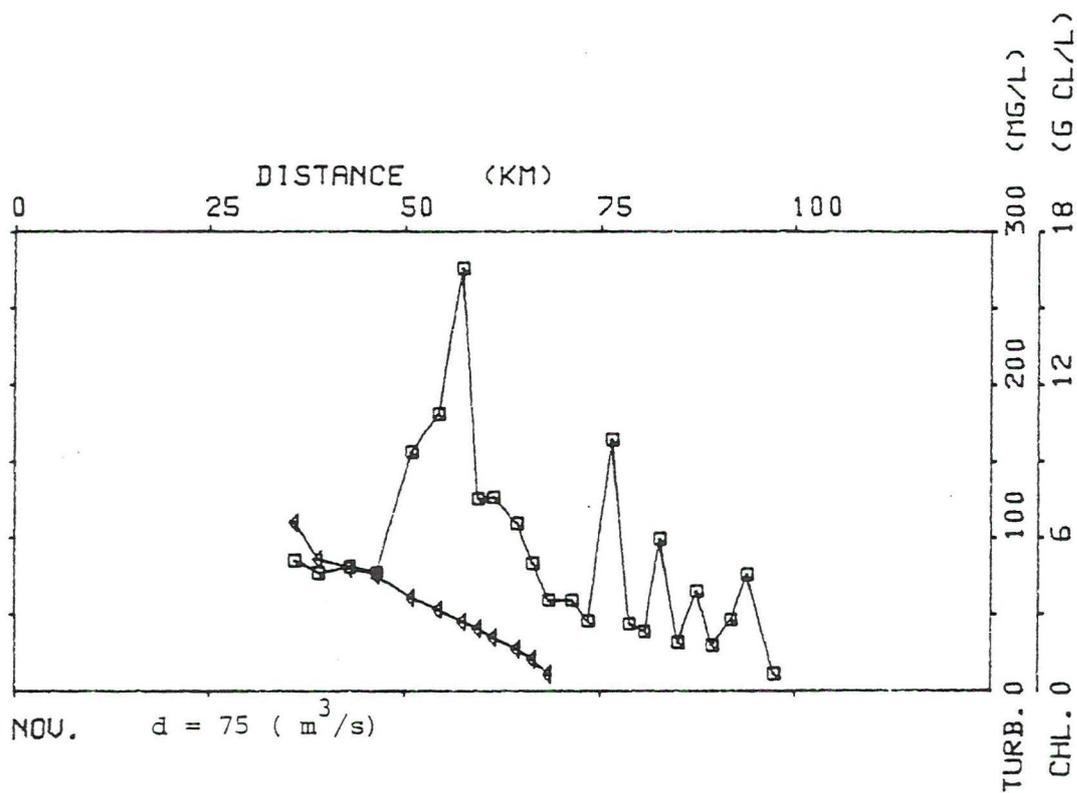
1977.



1978.







ANNEXE 2 : Localisation des points de prélèvement par centrifugation en continu de 12 heures à bord du Mechelen et durée des échantillonnages.

CAMPAGNE SEDIMENT ESCAUT DU 19 AU 21 MAI 1980

BATEAU:MECHELEN

PERSON:BAUTE, DIDIER, 2 MAT DE LA D.E.R.

① STATION:

1.1. HANWEERT:

DATE DEBUT 80-05-19-15-29

POSITION -ENTRE BOUEES 43 ET 45

-SAT LAT:51 26.86

LON:03 57.52

H.W.:18 27

L.W.:02 09

1.2. DOEL:

DATE DEBUT:80-05-20-06-30

POSITION:-ENTRE BOUEES 82 ET 84

-SATEL.LAT: 51 19.35

LON: 04 16.20

H.W.:07 59 KENTERING : 09 30!

L.W.:15 00

H.W.:20 34

1.3. RUPPELMONDE:

DATE DEBUT:80-05-21-11-20

POSITION: 500M EN AMONT DU RUPPEL

- SATEL: LAT:51 07.38

LON:04 18.19

BAT VIRE A 17H 30M

② CENTRIFUGATION:DEBIT POMPE:1.098 M³/H
PROF.: -2 M

NO.	START H M	FIN H M	COM.
HANSWEERT			
CH1	15 29	16 15	
CH2	16 33	18 30	
CH3	18 55	20 56	
CH4	21 05	23 05	
CH5	23 13	01 13	
CH6	01 25	04 00	ARRET A 2H :PANNE REDEM. A 2H33M
DOEL			
CD1	06 30	08 30	
CD2	08 40	09 40	
CD3	09 48	10 48	
CD4	11 13	12 48	
CD5	13 17	16 35	ECH PARTAGE EN DEUX GAND ET ULB
CD6	17 12	18 31	
RUPPELMONDE			
CR1	11 24	12 00	
CR2	12 20	13 20	
CR3	13 37	14 37	
CR4	14 53	15 55	
CR5	16 08	17 08	
CR6	17 22	18 45	
CR7	18 55	19 55	
CR8	20 08	21 10	
PANNE DIFF DE REAMORCAGE			
CR9	22 00	23 30	

3. BOUTEILLES DE DELFT

146

START H M	NO. M	PROF M	DUREE MIN	VOL ML	SECT CM ²	HAUT. CM
HANSWEERT						
15 41	DH1	9	10	2.0	3.8(C)	9
16 01	DH2	9	30	3		
16 37	DH3	10.5	30	7		
17 16	DH4	12.5	30	8		
18 55	DH5	12.5	50	CHALUTAGE		
20 32	DH6	12	60	12		
21 38	DH7	11	60	16		
22 43	DH8	10.8	60	CHAL		
23 48	DH9	9.7	60	64		
00 53	DH10	8.9	60	44		
01 57	DH11	8.0	60	50		
03 10	DH12	8.1	60	26		

START H M	NO. M	PROF M	DUREE MIN	VOL ML	SECT CM ²	HAUT. CM
DOEL						
06 32	DD1	16.5	45	38		
07 26	DD2	17.8	45	152		
08 20	DD3	18.5	30	64		
09 00	DD4	18.5	20	7		
10 00	DD5	17.5	10	56		
10 25	DD6	17.3	10	1.7		
10 45	DD7	17.1	15	1		
11 15	DD8	17	17	56		
11 37	DD9	16	20	48		
12 01	DD10	15.1	CHAL			
12 33	DD11	14.8	21	37		
13 00	DD12	14.5	30	102		
EMBOUT TROP BAS						
16 18	DD13	13.0	10	2	3.8(DR)	22
16 33	DD14	13	30	130.		
17 23	DD15	14	20	66		
17 45	DD16	CHAL				
17 58	DD17	14.7	20	2.5		
18 38	DD18	15	24	7		

START H M	NO. M	PROF M	DUREE MIN	VOL ML	SECT CM ²	HAUT. CM
RUPPELMONDE						
11 28	RD1	9.4	10	11		
12 00	RD2	8.9	20	54		
12 15	RD3	8.5	1	2		
12 28	RD4	8.5	5	12		
13 00	RD5	8.8	10	19		
13 33	RD6	8.0	10	20		
14 00	RD7	7.9	10	27		
14 32	RD8	7.3	15	65		
15 00	RD9	7.1	10	45		
15 30	RD10	6.6	11	7		
16 28	RD11	5.8	10	27		
17 00	RD12	5.9	10	24		
18 02	RD13	5.9	10	16		
18 32	RD14	6.6	10	16		
19 02	RD15	4.7	10	16		
19 31	RD16	7.8	10	7		
20 01	RD17	7.7	10	21		
20 31	RD18	9.1	10	8		
21 01	RD19	8.5	10	9		
21 35	RD20	9.2	10	18		
22 02	RD21	9.4	10	16		
22 31	RD22	9.6	10	10		
23 05	RD23	9.8	10	11		

CAMPAGNE SEDIMENT ESCAUT DU 24 AU 26 SEPT 1980

BATEAU:MECHELEN

PERSON:PIERRE COLIN,PHILIPPE VANCAPPELEN, DIDIER, ET 2 MAT D.E.R.

VAN DEN WEGHE, LAHURE

1. STATION:

1.1. HANWEERT:

DATE DEBUT 80-09-24-15-32

POSITION -ENTRE BOUEES 43 ET 45

-SAT LAT:51 26.90

LON:03 58.30

H.W.:15 36

L.W.:22 39

1.2. DOEL:

DATE DEBUT:80-09-25-06-00

POSITION:-ENTRE BOUEES 82 ET 84

-SATEL.LAT: 51 19.87

LON: 04 16.84

H.W.:04 45

L.W.:12 22

H.W.:17 08

1.3. RUPPELMONDE:

DATE DEBUT:80-09-25

POSITION: 500M EN AMONT DU RUPPEL

- SATEL: LAT:51 09.14

LON:04 19.20

H.W.:18 20

L.W.:01 45

H.W.:05 57

2. CENTRIFUGATION:DEBIT POMPE:1.098 M 3/H

PROF.: -2 M

NO.	START	FIN	COM.
	H M	H M	
HANSWEERT			
CH1	15 32	17 30	
CH2	17 49	19 50	
CH3	20 03	22 05	
CH4	22 17	24 15	
CH5	00 37	03 20	
DOEL			
CD1	06 10	08 10	ECH PARTAGE EN DEUX GAND ET ULB
CD2	08 45	10 50	
CD3	11 07	14 30	
CD4	00 37	03 20	
RUPPELMONDE			
CR1	20 40	21 40	
CR2	21 55	22 56	
CR3	23 23	00 25	
CR4	00 52	01 50	
CR5	02 13	03 14	

3. BOUTEILLES DE DELFT

START	NO.	PROF	DUREE	VOL	SECT	HAUT.
H M	M	M	MIN	ML	CM 2	CM

HANSWEERT

15 25	DH1	8	10	16	3.8(DR)	22
16 01	DH2	8	BLOQUE AU FOND !!!!			
18 04	DH3	10.4	10	1.5		
18 17	DH4	10.1	11	2		
18 41	DH5	9.5	22	40		
19 09	DH6	9.2	5	10		
19 20	DH7	9.1	10	50		
19 36	DH8	8.9	10	31		
19 49	DH9	8.6	14	40		
20 10	DH10	8.4	11	46		
20 28	DH11	8.0	11	38		
20 44	DH12	7.8	11	26		
21 00	DH13	7.6	12	28		
21 17	DH14	7.5	12	18		
21 32	DH15	7.2	10	13		
21 47	DH16	7.2	13	10		
22 04	DH17	7.1	10	2.5		
23 34	DH18	8.2	10	[.5		
23 56	DH19	8.0	11	[.5		
00 22	DH20	8.2	11	[.5		
00 45	DH21	8.5	10	[.5		
00 59	DH22	8.6	10	[.5		
01 13	DH23	9.0	20	3		
01 37	DH24	10.2	22	34		

DOEL

05 58	DD1	16	13	3
06 18	DD2	16	10	20
06 34	DD3	15	10	1.5
06 50	DD4	15	20	4
07 15	DD5	13.5	25	56
07 45	DD6	12.5	10	5.3
08 02	DD7	13.8	22	49
08 28	DD8	--	17	43
08 53	DD9	11.4	15	7
09 11	DD10	--	15	8
09 31	DD11	12.7	20	5
09 55	DD12	12.1	25	2.5
10 38	DD13	CHALUTAGE		
13 06	DD14	12.3	20	36
13 32	DD15	MVT BATEAU CHALUTAGE		
13 50	DD16	14.2	20	5

CAMPAGNE SEDIMENT ESCAUT DU 16 AU 18 MARS 1981

Bateau : Mechelen

Person: P. VAN CAPELLEN, 2 mat de la D.E.R.

STATION:

1. HANSWEERT (point 7)

MH: 11.22 h

24.00 h

MB: 18.00 h

6.30 h

2. DOEL (point 15)

kentering début 14.30

fin 15.00

MH: 13.56 h

MB: 20.51 h

MH: 4.69 h

3. RUPELMONDE (point 29)

MH: 14.43 h

MB: 21.44 h

MH: 5.25 h

ECHANTILLON	DEBUT(Heure)	FIN (heure)
<u>HANSWEERT</u>		
CH ₁	16.35	18.45
CH ₂	20.10	22.10
CH ₃	00.25	02.30
CH ₄	02.30	04.45
<u>DOEL</u>		
CD ₁	11.35	13.30
CD ₂	15.55	17.55
CD ₃	19.10	21.10
CD ₄	21.80	23.00
CD ₅	01.40	02.50
<u>RUPELMONDE</u>		
CR ₁	16.20	18.00
CR ₂	18.30	19.30
CR ₃	19.40	20.30
CR ₄	20.45	21.45
CR ₅	21.50	23.00
CR ₆	23.35	01.00
CR ₇	01.50	02.35
CR ₈	02.50	04.20

BIBLIOGRAPHIE

- * GIBBS, R.J. (1977). Suspended Sediment Transport and the Turbidity Maximum, Reprinted from Suspended Sediment Transport and the Turbidity Maximum. in Estuaries, Geophysics and the Environment, National of Sciences, Washington. D.C. Chapter 10, 104-109
- LAURENT; E. (1976). Monographie du bassin de la Dyle. Ministère de la Santé Publique et de l'Environnement. Noyau de l'Eau. Commission Dyle.
- NIHOUL; J.C.J. et R. WOLLAST eds(1976). L'Estuaire de l'Escaut. Projet Mer. Rapport Final. Volume 9 et volume 10.
- NORDIN, C.F. Jr and R.H. MEADE (1981). Carbone Dioxide Effects Research and Assessment Program. Report of a Workshop Wood Hole. Massachusetts. September 21-25, 1980. 016, Conf-8009140. United States Department of Energy. April 1981.
- PETERS J.J. et A. STERLING (1976). Dans l'Estuaire de l'Escaut. Projet Mer. Rapport Final. Volume 10, J.C.J. NIHOUL et WOLLAST eds.
- RONDAY, F.C. (1975). Etude de l'envasement et de la variation longitudinale du coefficient de dispersion dans les estuaires partiellement stratifiés. Annales des Travaux Publics de Belgique. N° 4.