

8552

**Ministère des Travaux Publics**  
**Ponts et Chaussées**  
**Administration des Voies Hydrauliques**

LES SEDIMENTS ET SUSPENSIONS DE L'ESCAUT

Etude faite à l'Université Libre de Bruxelles  
sous la direction du Professeur W. De Keyser.

**Laboratoire de Recherches Hydrauliques**  
**Borgerhout-Anvers**

933

Ce travail, étudiant les sédiments et suspensions de l'Escaut dans la région d'Anvers, fait suite à l'étude des vases du Grote Geul, un ancien bras de l'Escaut, et a été effectué au Laboratoire de Chimie des Solides de la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université Libre de Bruxelles sous la direction de Monsieur le professeur W. DE KEYSER.

Les essais et la rédaction ont été réalisés par Monsieur J. J. PETERS, ingénieur au Laboratoire de Recherches Hydrauliques à Anvers, sous la direction de Monsieur R. WOLLAST, chef de travaux, avec l'aide de Monsieur H. SZEJNBERG, licencié en sciences chimiques.

## INTRODUCTION.

---

Ce travail , faisant suite à l'étude des vases du Grote Geul, étudié les sédiments et suspensions de l'Escaut entre Anvers et la frontière Belgo-Néerlandaise. Les premiers ont été prélevés directement dans le lit du fleuve, les seconds ont été recueillis par filtration de l'eau du cours d'eau.

Outre les échantillons précités, on reprendra dans cet ouvrage les résultats des analyses des vases du Grote Geul, celles-ci ayant leur origine dans l'Escaut, comme nous le verrons plus loin.

Lors de la prise d'échantillons dans les sédiments du fleuve on n'a pas dépassé la profondeur de un mètre.

Nous nous sommes efforcés de trouver, outre les teneurs des éléments ou minéraux constitutifs certaines relations entre ceux-ci et éventuellement leur origine.

## CHAPITRE I.

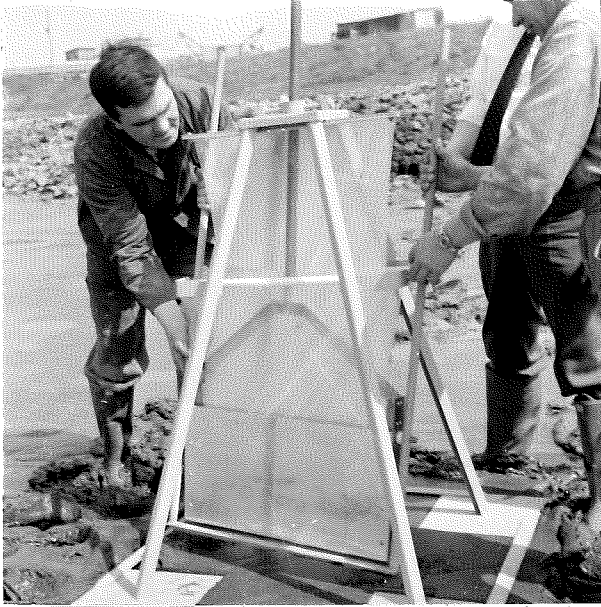
-----

### TECHNIQUES DE PRELEVEMENTS.

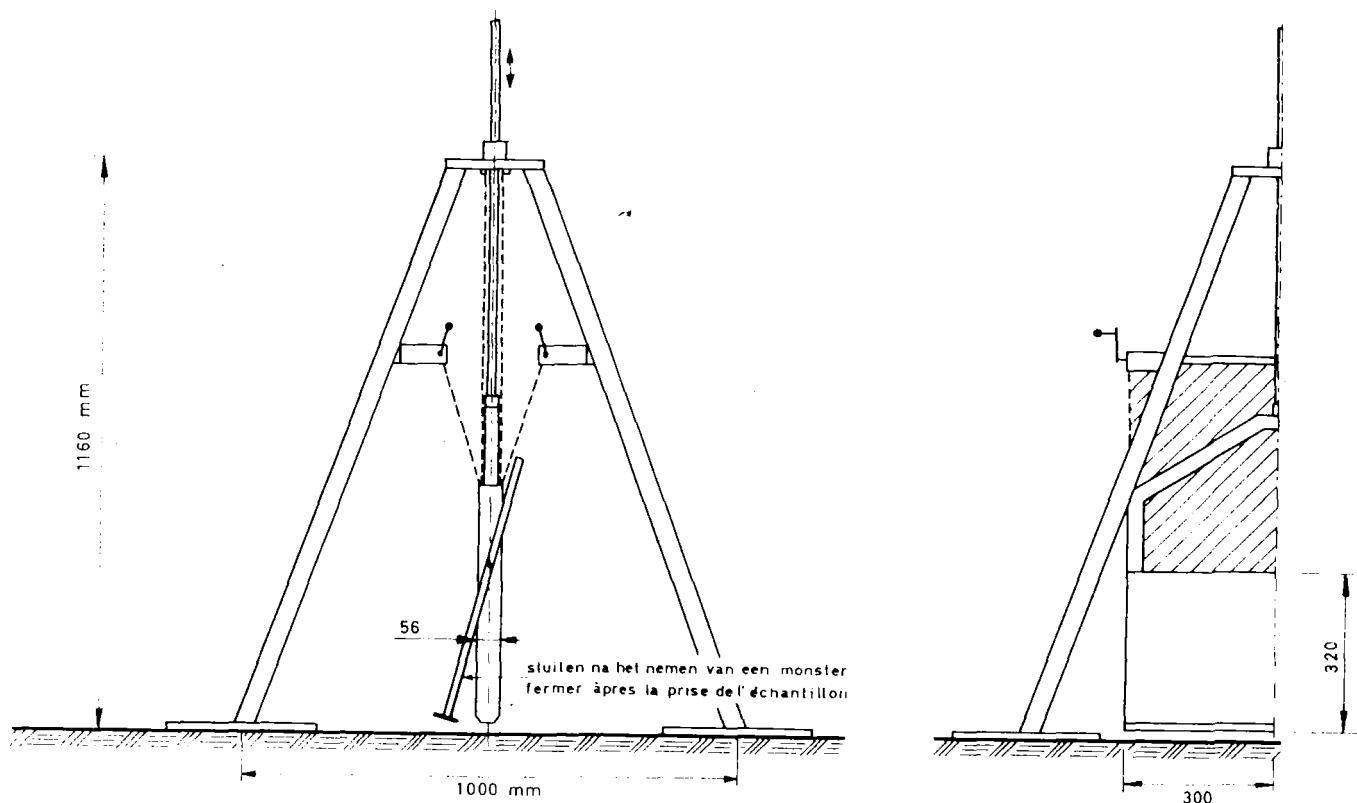
#### 1. Sédiments.

Ne disposant pas d'embarcations, les lieux de prélèvements furent limités aux aires accessibles à pied lors des basses eaux. Les échantillons LS 1 à 4 ont été pris sans précautions particulières dans le lit de l'Escaut à hauteur du village de Lillo-Haven.

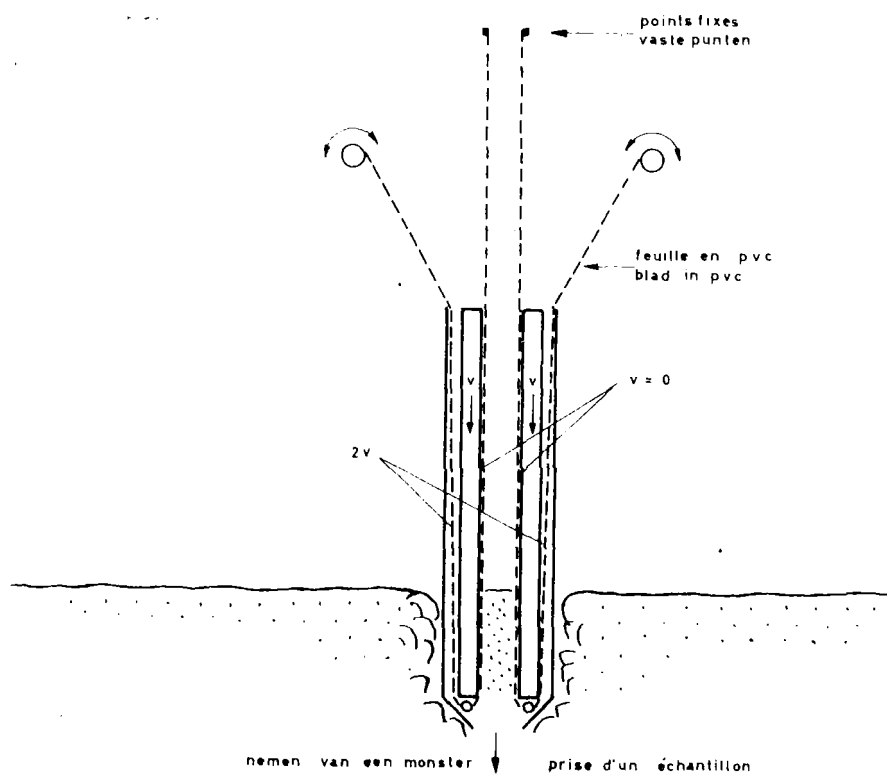
Le problème de l'hétérogénéité des sédiments a été abordé dans cette étude. En effet, il est important de savoir si l'échantillon que l'on étudie est homogène ou constitué par un empilement de couches de composition minéralogique différentes. Or les techniques classiques de prélèvement ne permettent pas cette étude, l'échantillon étant fortement remanié. Dès lors, on a réalisé au Laboratoire de Recherches Hydrauliques un appareil permettant d'obtenir un échantillon non remanié sur une profondeur de 30 cm. Le procédé peut être utilisé pour des profondeurs plus élevées. Le principe en est simple : dès que le carottier pénètre dans la vase, celle-ci est emprisonnée dans une feuille de polyvinyl fine par rapport à l'échantillon empêchant ainsi tout frottement des parois du carottier le long du sédiment.



APPAREIL POUR PRENDRE DES ÉCHANTILLONS NON REMANIÉS  
 TOESTEL VOOR HET NEMEN VAN ONGEROERDE MONSTERS



ophalen van een monster      prélèvement de l'échantillon



L'échantillon ainsi obtenu est traité suivant un procédé décrit plus loin et débité en lames minces permettant une étude au microscope.

Etant encore à l'état des essais, nous ne pouvons encore juger de l'efficacité de la méthode.

Les trois lames minces réalisés montrent que l'échantillon étudié (LS 5) est hétérogène.

## 2. Suspensions.

La difficulté dans l'étude des suspensions réside dans leur finesse extrême. En effet, il s'agit de les recueillir sans y mêler les sels en solution. L'évaporation est donc à exclure. La filtration ne doit laisser passer qu'un minimum de particules. Dans ce but nous avons utilisé des filtres "milipore" calibrés ne laissant passer que les particules inférieures à  $0,22 \mu$ . Le filtre est séché et les minéraux recueillis analysés directement par diffraction des RX et par fluorescence des RX. L'eau recueillie est également analysée.

## CHAPITRE II.

-----

### DESCRIPTION DES TECHNIQUES EXPERIMENTALES.

Nous ne reprendrons pas la description des techniques expérimentales déjà utilisées lors de l'étude des vases du Grote Geul.

Il faut cependant faire quelques remarques. Tout d'abord, on n'a pas eu recours dans la présente étude à l'analyse thermogravimétrique, celle-ci n'apportant aucun renseignement supplémentaire, l'analyse thermique différentielle étant suffisante.

Au sujet de la répartition granulométrique, il faut signaler que la méthode de la pipette d'Andreassen n'est pas rigoureuse. En effet, le principe utilisé se base sur la vitesse de chute des particules, donnée par la loi de Stokes

$$v_{st} = \frac{1}{18} \cdot \frac{ds - df}{\eta} \cdot g d^2$$

Dans notre cas,  $df$  (densité du fluide),  $\eta$  (viscosité du fluide) et  $g$  (accélération due à la gravitation) sont des constantes. Mais comme les sédiments et suspensions sont constituées par un ensemble de minéraux de densité différentes, on ne peut pas écrire

$$v_{st} = K \cdot d^2 \quad \text{où } K \text{ serait une constante.}$$

On peut bien entendu dégrossir le problème en prenant comme densité  $ds$  la densité globale apparente c'est-à-dire  $\gamma = 2,4g/cc$ .



Il n'existe qu'une méthode rapide ne faisant intervenir que le diamètre moyen de la particule. Cette méthode est basée sur la variation de la conductibilité du liquide, contenant la vase en suspension, lors de son passage au travers d'un capillaire, celui-ci étant placé entre les deux électrodes. Il existe un appareil, dénommé le "Coulter Counter", qui fonctionne suivant ce principe.

Une dernière remarque se rapporte au type de support utilisé pour l'analyse par diffraction des RX et par fluorescence des RX. Comme dans l'étude des vases du Grote Geul, nous avons eu recours, lors de l'analyse des sédiments, au support en acide borique ou à la plaquette en aluminium, requérant chacun environ 2g de sédiment sec. Or, le poids du résidu de filtration sur millipore de 250cc d'eau de l'Escaut n'atteint en moyenne que 0,2g. Cette filtration étant très longue, il ne peut être question de recommencer cette opération une dizaine de fois. Nous avons dès lors essayé d'utiliser le filtre comme support.

Il faut prendre la précaution de ne pas dépasser une certaine quantité de matière retenue sur le filtre, et cela pour éviter que la pellicule ne se décolle de son support lors du séchage. On peut éventuellement fixer ce dépôt par un voile de matières hydrocarbonées (laque pour cheveux) pulvérisées avant dessèchement complet. L'influence qui pourrait en résulter pour les analyses ultérieures n'a pas encore pu être mis en évidence. D'autre part, l'épaisseur de la matière retenue sur le filtre variant d'un échantillon à l'autre, il faudrait étudier son influence possible dans une étude qualitative.

Procédés de préparation des plaques minces dans les sédiments.

La première condition requise est d'avoir un échantillon non remanié, et nous avons vu au chapitre I comment il faut procéder pour obtenir celui-ci.

La première méthode, simple et rapide, consiste à sécher l'échantillon lentement à l'étuve pour le cuire ensuite dans le baume de Canada. L'échantillon traité de cette façon était fissuré par le retrait, montrant ainsi que celui-ci n'est pas homothétique.

La seconde méthode (D5), beaucoup plus longue, est excellente et permet d'obtenir un bloc rigide, n'ayant subi aucun retrait, et pouvant être scié et poli comme n'importe quelle roche de bonne qualité.

La première étape consiste à plonger l'échantillon dans des bains d'alcool dénaturé jusqu'à ce que toute l'eau soit éliminée. Pour le dernier bain on utilise de l'alcool absolu. L'échantillon est ensuite plongé dans le xylène, qui remplace l'alcool. Trois bains de 24h. suffisent. Ensuite du baume de Canada est dissous lentement dans le xylène. Pour cette opération, nous avons préféré utiliser du baume déjà dissout dans le xylène, la dissolution se faisant plus facilement. Après évaporation du solvant (xylène) on place l'échantillon pendant dix jours à l'étuve à 100°C, après quoi on peut le scier pour en faire des lames minces.

CHAPITRE III.

---

DETERMINATION DES CONSTITUANTS.

A. Pertes au feu.

1. Perte à 115°C.

Cette perte correspond à l'eau interstitielle.

Echantillon	LS 1	LS 2	LS 3	LS 4	BS 1	BS 2
Perte au feu à 115°C(%)	72	200	111	85	198	45

Ces valeurs sont exprimées en % par rapport au poids sec.

Les échantillons LS 1 à S 4 ont été prélevés en surface peu après le retrait de la marée. BS 1 et BS 2 sont des échantillons prélevés aux travaux du nouveau tunnel sous l'Escaut.

2. Perte à 600°C.

A cette température, toute l'eau de cristallisation (provenant des hydrates et des argiles) ainsi qu'une partie, sinon la totalité, des matières organiques.

Echantillon	LS 1	LS 2	LS 3	LS 4	BS 1	BS 2
Perte au feu à 600°C(%)	15	19	13	12	19	7

3. Perte à 1000°C.

A cette température, l'eau de cristallisation, les matières organiques et le CO<sub>2</sub> des carbonates ont été éliminés. En ajoutant cette perte aux éléments dosés par fluorescence, on a en poids tous les éléments importants. L'eau de cristallisation peut être obtenue en retranchant le CO<sub>2</sub> et le carbone organique de la perte au feu à 1000°C.

Echantillon	LS 1	LS 2	LS 3	LS 4	BS 1	BS 2
Perte au feu à 1000°C(%)	17,5	28	25	22	26	21

Remarque.

La thermogravimétrie différentielle réalisée sur une vase du Grote Geul montre qu'il n'y a pas d'autres éléments intervenant en dessous de 100°C.

B. Analyse thermique différentielle.

L'échantillon LS 1 contenant une forte proportion de quartz, les phénomènes sont moins bien marqués que ceux des échantillons LS 3 et LS 4.

Nous pouvons avancer les hypothèses suivantes :

Température du phénomène °C	Transformation
130	déshydratation
315 )	combustion des matières organiques et transformation de Fe <sup>++</sup> en Fe <sup>+++</sup>
390 )	
500 )	
575	déshydratation d'argiles (?)
785	décarbonatation
873	?

C. Détermination de la répartition granulométrique.

La répartition granulométrique des échantillons LS 1 et LS 4 a été déterminée par élutriation.

Les médianes sont respectivement de  $50\mu$  et  $35\mu$  (la finesse augmente donc en se rapprochant des rives). Ces diamètres moyens sont notablement plus élevés que ceux obtenus pour les vases du Grote Geul.

L'étude au microscope montre que les grandes particules sont principalement le quartz (sablon), la calcite et les feldspaths.

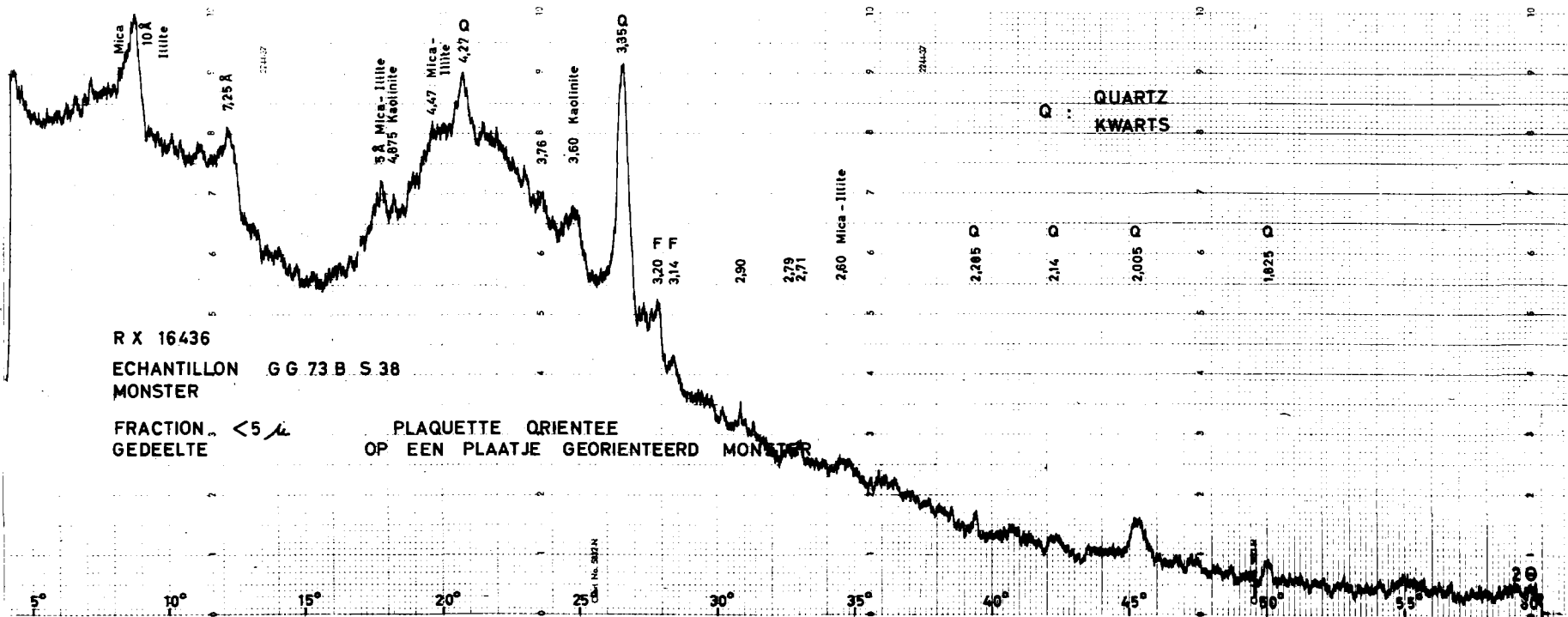
D. Analyse par diffraction des RX.

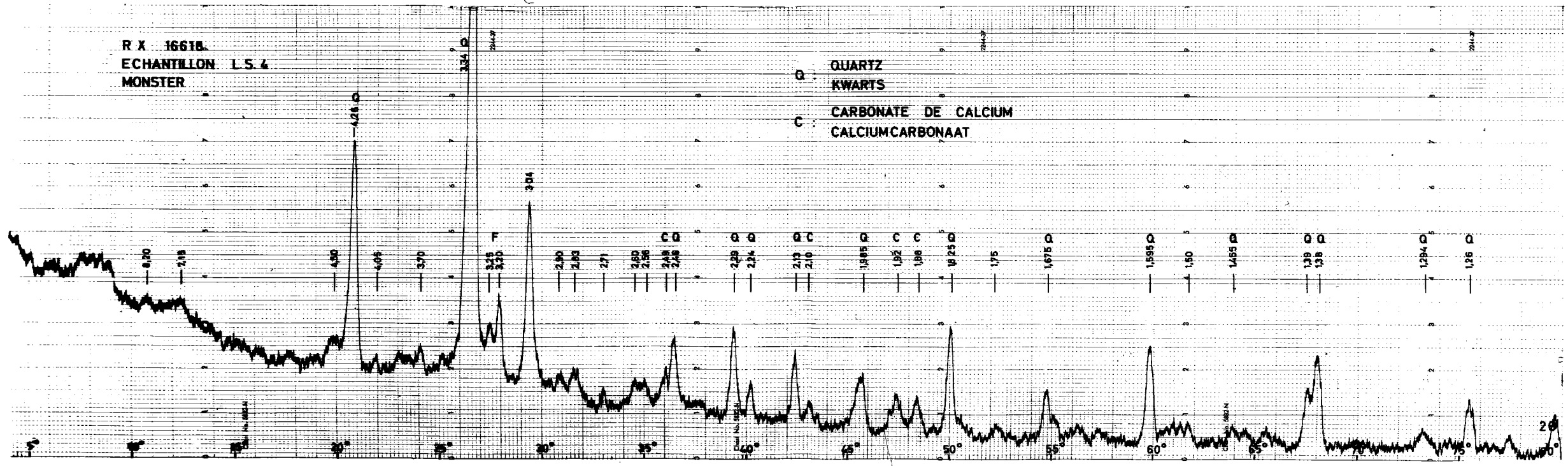
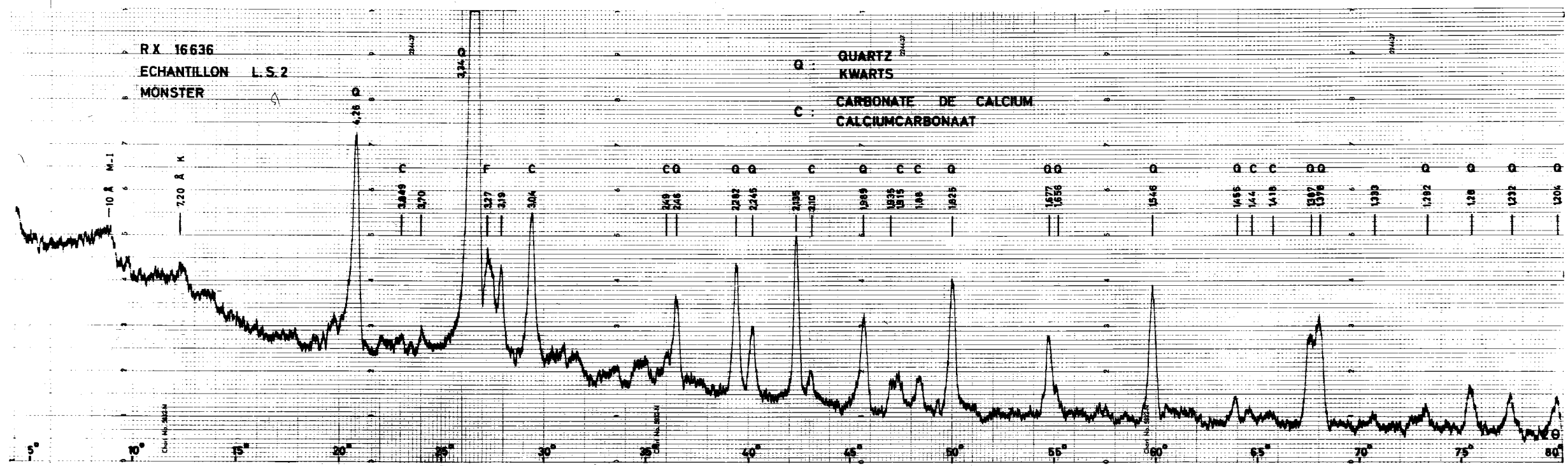
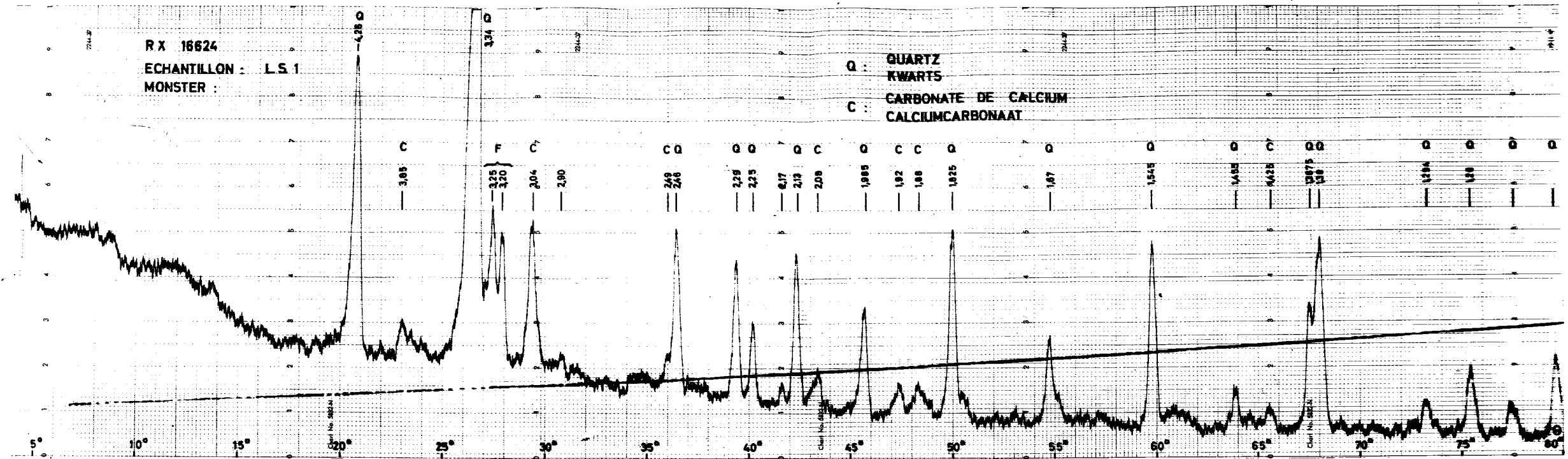
a. Anticathode de cuivre.

La constitution minéralogique des vases de l'Escaut analysée grâce à la diffraction des rayons X en utilisant comme support la plaquette en aluminium ou la pastille en acide borique, n'est pas différente de celle des vases du Grote Geul. On retrouve le quartz, la calcite, les feldspaths, les mica-illites, la kaolinite et la pyrite(?). L'identification des feldspaths est difficile. Il s'agit vraisemblablement d'orthoclase et d'orthoclase ferrique, le dosage par fluorescence ayant mis en évidence de l'ordre de 2% de potassium, alors qu'on a peu de sodium.

L'état de cristallisation des sédiments de l'Escaut est bien meilleur que celui des vases du Grote Geul et la quantité de matière amorphe est moindre.

L'analyse des pastilles sur support en acide borique permettent une étude semi-quantitative en étudiant la variation de la





hauteur d'un pic caractéristique d'un élément en fonction de la profondeur. Il faut cependant remarquer qu'il est possible qu'on ait introduit une orientation préférentielle de certains minéraux en comprimant la poudre à une pression de 320kg/cm<sup>2</sup>.

On peut voir ainsi apparaître les pics de la kaolinite et des illites, alors que ceux-ci ne sont pas, ou peu, visibles lorsqu'on utilise la plaquette en aluminium comme support.

En plus des échantillons **prélevés** à Lillo-Haven et Burcht, les 86 échantillons du Grote Geul furent analysés, ceux-ci ayant leur origine dans l'Escaut, comme on le verra plus loin. On peut remarquer sur les diagrammes ci-joint que les variations peuvent être très importantes.

b. Anticathode de fer.

Nous pouvons reprendre les conclusions faites lors de l'étude précédente. La pyrite se retrouve occasionnellement et en quantité très faible. Le fer se trouve principalement sous la forme d'hydroxydes (limonite).

c. Détermination des minéraux des argiles.

Nous avons mis en évidence la kaolinite, les illites et des montmorillonites très mal formées. L'étalement de la raie de la montmorillonite peut s'expliquer en supposant une partie de la matière organique liée à ces argiles. Le glycollage et le chauffage à 500° C montrent qu'on a bien de la montmorillonite. Cependant il subsiste à 14 Å lors de ces deux opérations une raie faible qui serait due à la chlorite. Nous verrons plus loin que cette hypothèse est justifiée par la présence de magnésium.



E. Analyse par fluorescence des RX.

Comme pour la diffraction des rayons X, nous avons analysé quantitativement les échantillons de Lillo-Haven. Le support utilisé était une pastille en acide borique.

Echantillon	Si O <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Ca O %	SO <sub>3</sub> %	K <sub>2</sub> O %	Ti O <sub>2</sub> %
LS 1	79,45	6,40	3,07	6,74	0,75	1,60	0,29
LS 2	62,36	6,70	5,72	7,88	1,51	1,90	0,32
LS 3	56,57	8,59	4,56	7,73	1,92	1,83	0,45
LS 4	56,48	7,79	5,96	8,81	2,37	2,02	0,52
LS 5	51,43	11,94	6,40	8,87	2,47	2,11	0,58

Remarque.

L'échantillon LS 5 a été prélevé sur une carotte non remaniée.

L'analyse qualitative a en outre mis en évidence la présence de magnésium (Mg), élément absent dans les vases du Grote Geul.

F. Dosage volumétrique du CO<sub>2</sub>.

Ce dosage requérant une quantité importante de matière, n'a pu être réalisé sur les suspensions pour des raisons que nous avons déjà énumérées dans le chapitre II. Seuls les échantillons LS 1 à 4 ont été analysés.

Echantillon	LS 1	LS 2	LS 3	LS 4
CO <sub>2</sub> (%)	4,56	3,36	5,19	6,68

Remarque.

Il existe une méthode de dosage sur une très faible quantité de matière : microanalyse par carbonatation de l'eau de Baryte .

G. Dosage des matières organiques sous forme de carbone organique.

Comme pour le  $\text{CO}_2$  , le dosage du carbone organique des suspensions n'a pu être réalisé, n'ayant pas assez de matière.

Quant aux sédiments on a trouvé :

Echantillon	LS 1	LS 2	LS 3	LS 4	LS 5
C organique (%)	1,54	4,69	6,96	4,89	6,23

H. Microscopie.

Les observations nous permis d'identifier les mêmes familles de diatomées que celles observées dans le Grote Geul, ainsi que quelques nouvelles espèces qui semblent être caractéristiques de l'Escaut.

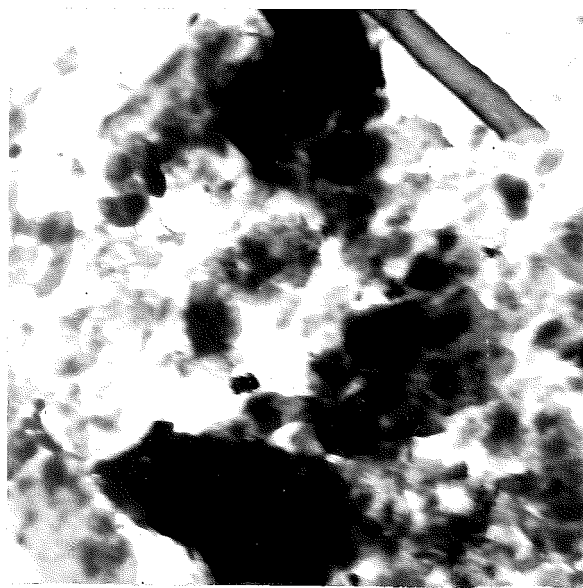
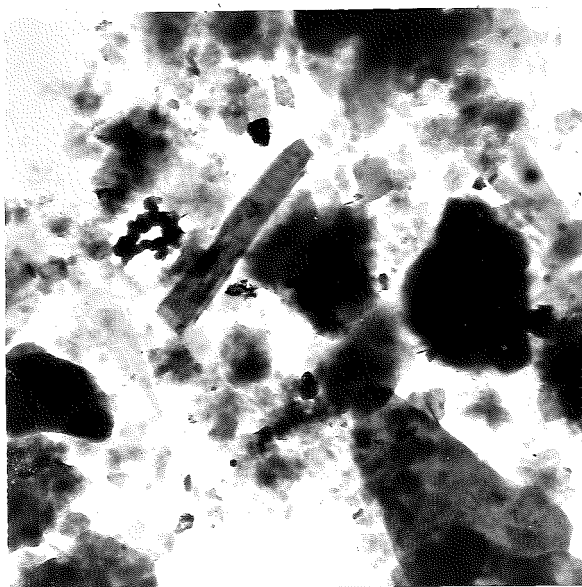
Nous continuons à croire que les diatomées peuvent constituer un facteur de classification des vases et suspensions.

La microscopie optique a permis de contrôler les dimensions des particules, la qualité des plaquettes orientées , et la présence du sablon et des feldspaths.

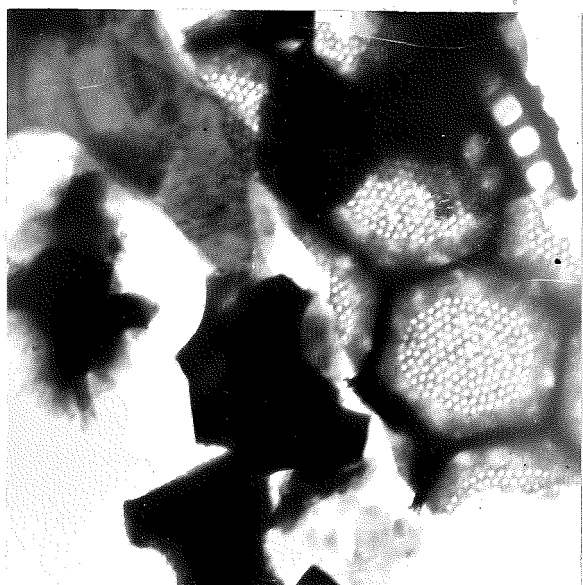
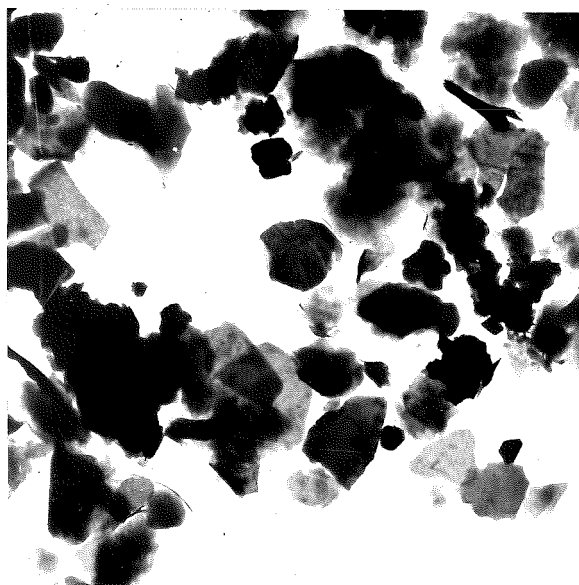
./..

La microscopie électronique a aidé à l'identification des minéraux des argiles. On reconnaît bien les plaquettes hexagonales de kaolinite et les feuillets enroulés d'halloysite.

A plusieurs reprises, nous avons pu observer la déshydratation d'un minéral en feuillet sous l'effet du faisceau électronique. Il s'agirait soit d'une montmorillonite, soit d'halloysite.

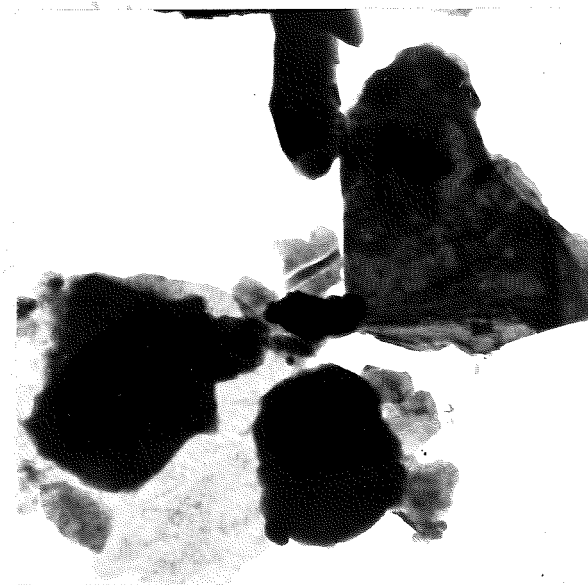
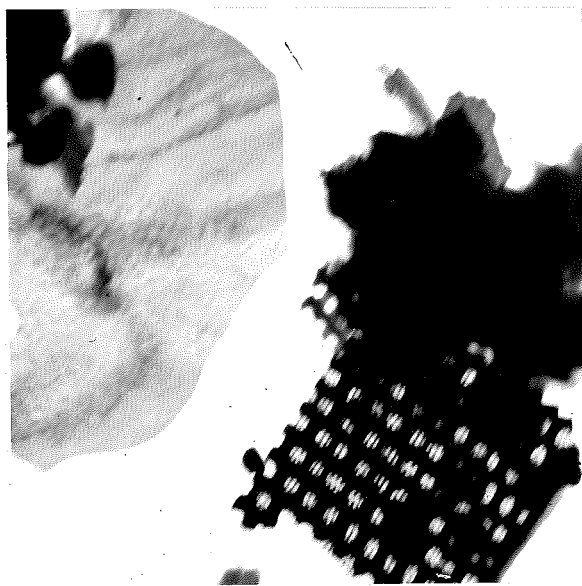
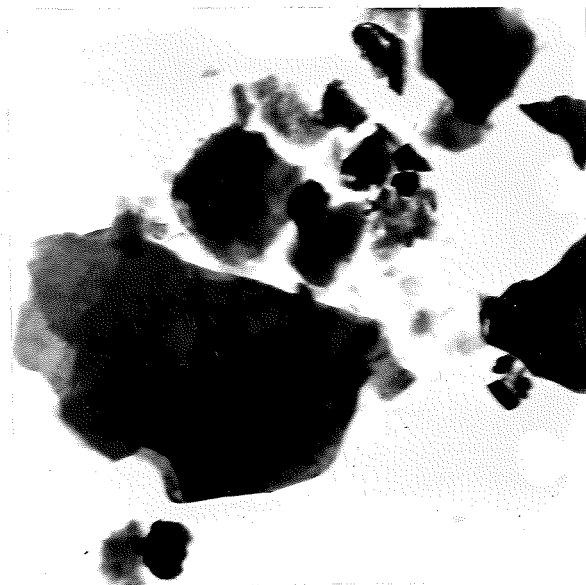
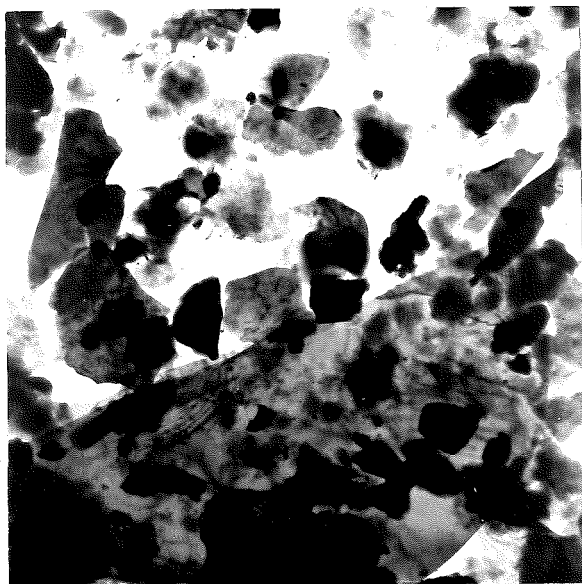
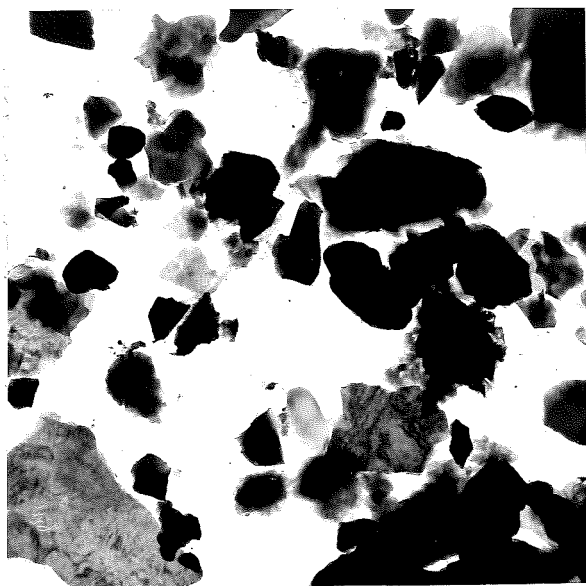
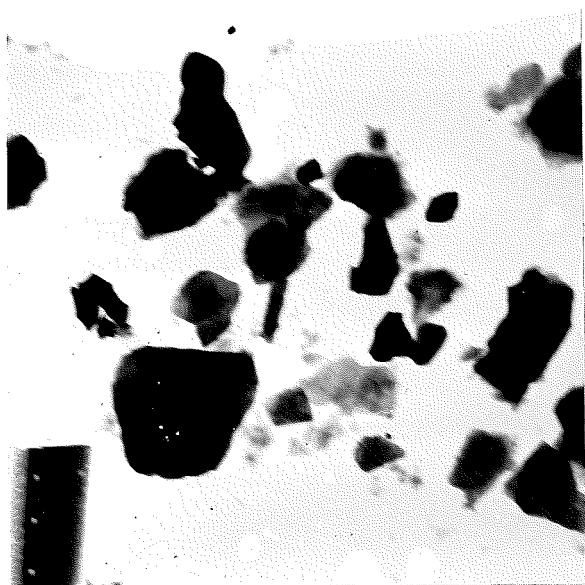


0 2 4 6  $\mu$



0 4 8 12  $\mu$

0 2 4 6  $\mu$



0 4 8 12  $\mu$



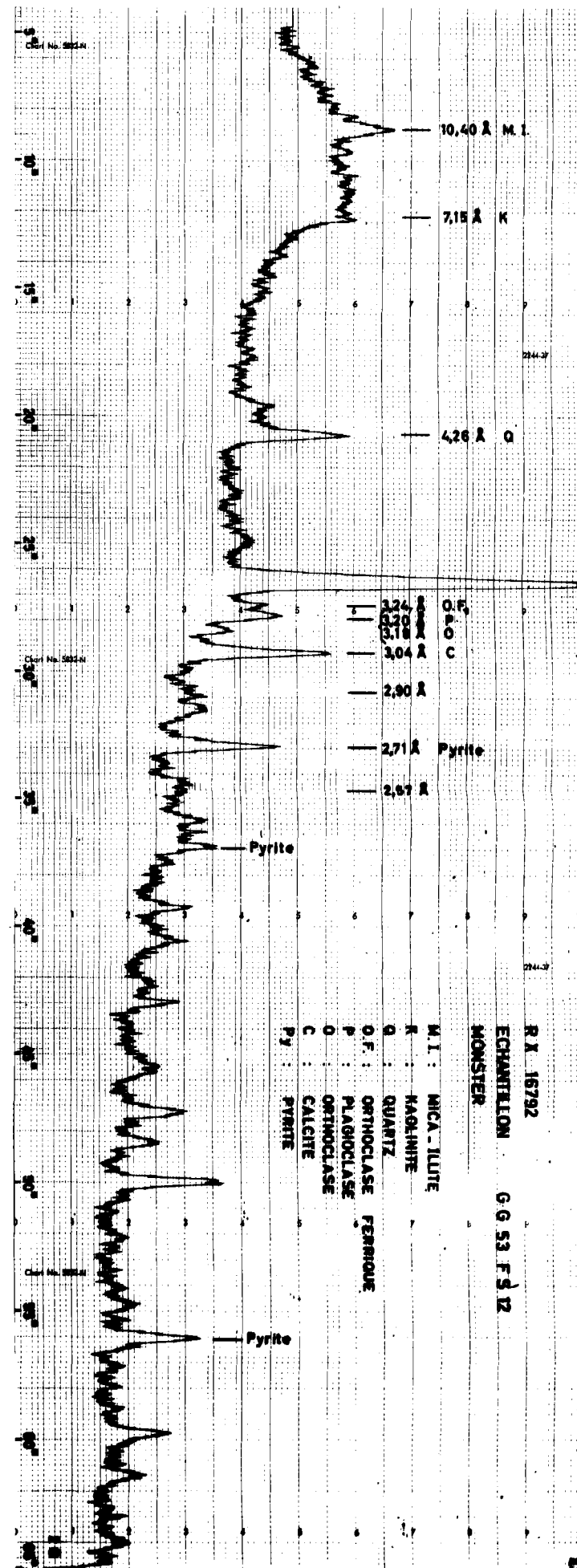
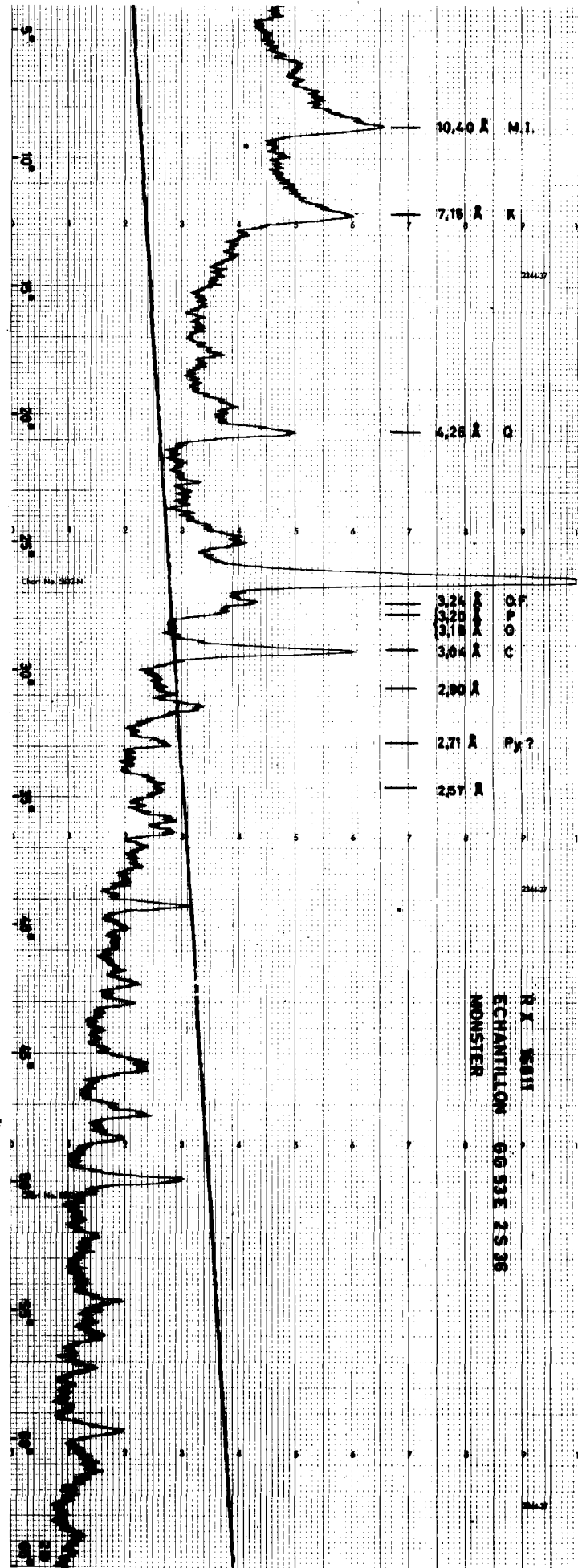
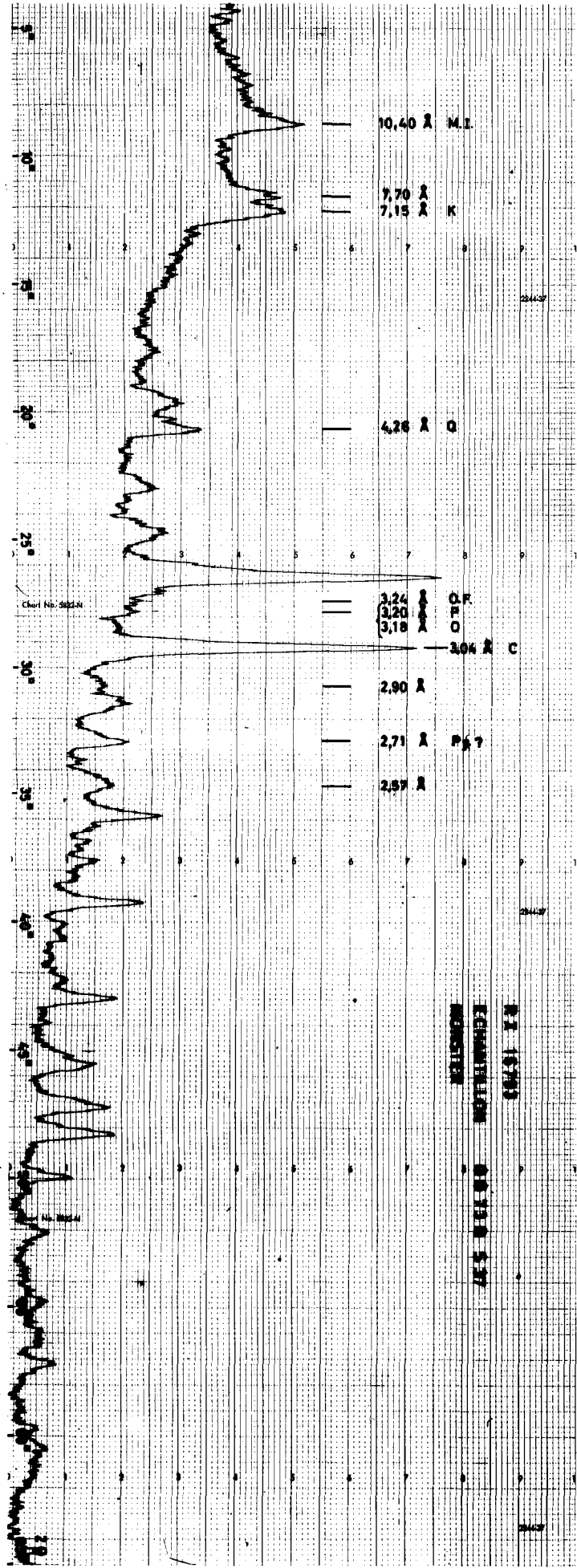
## CHAPITRE IV.

-----

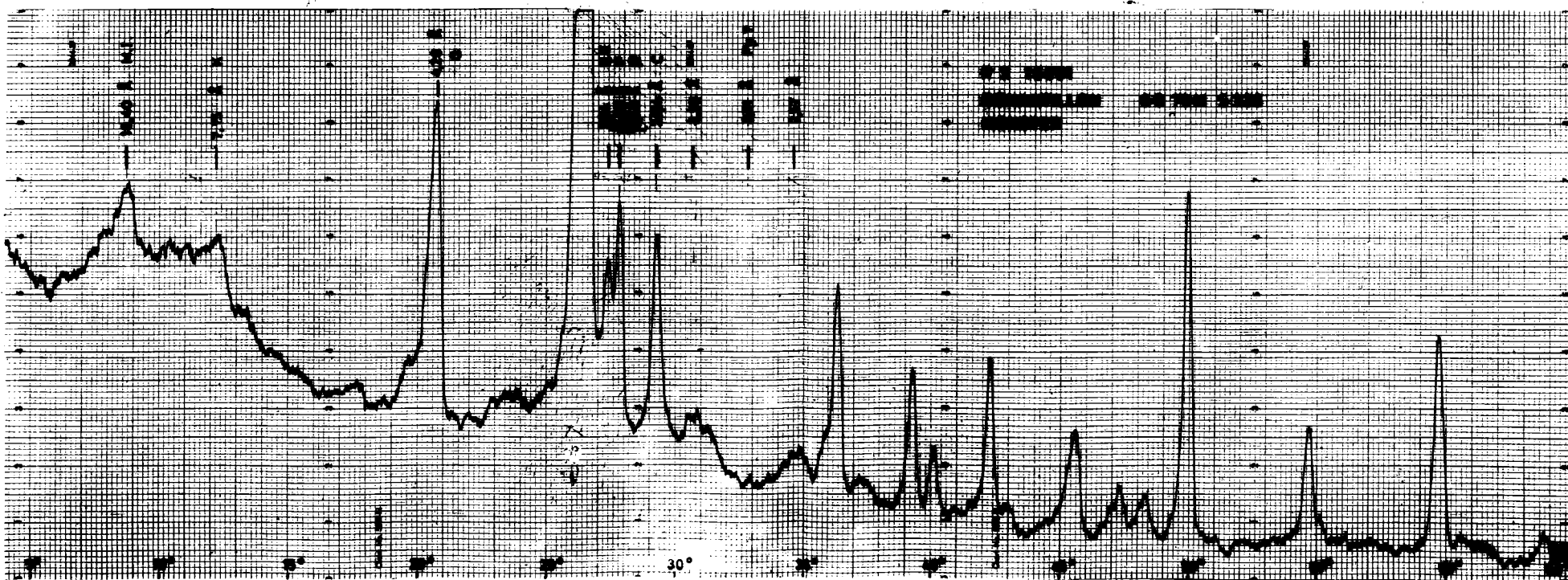
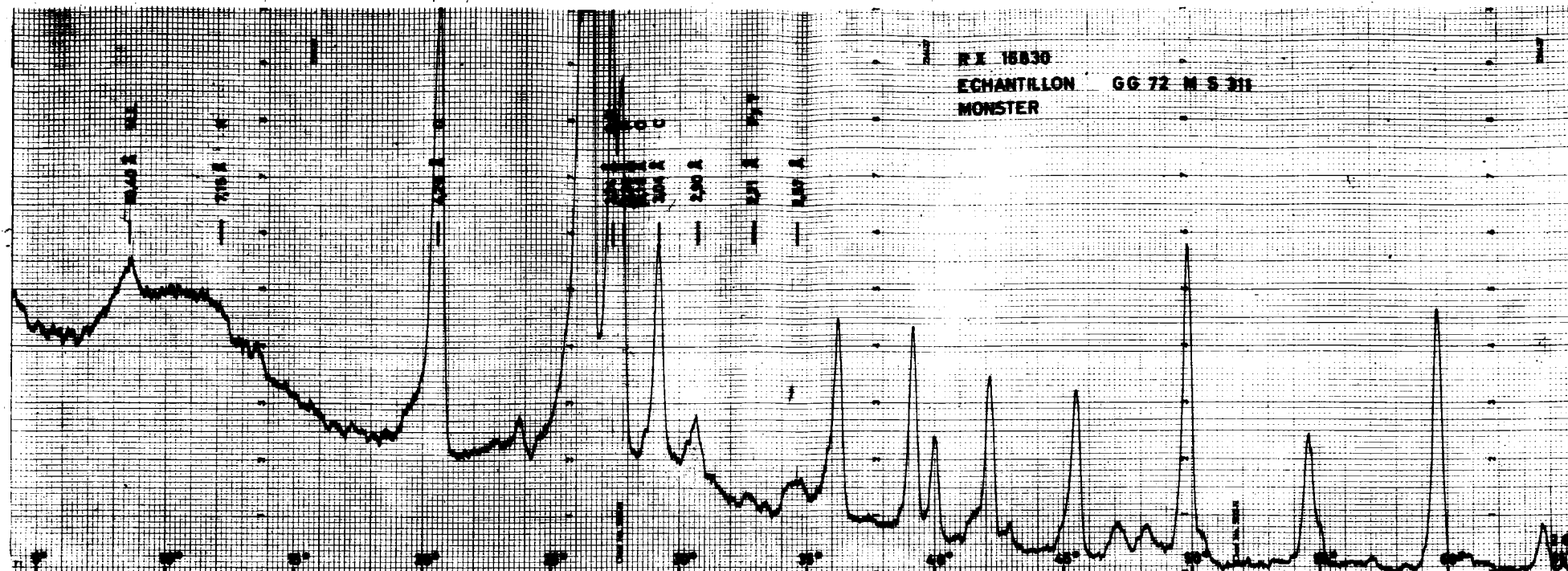
### COMPOSITION MINÉRALOGIQUE.

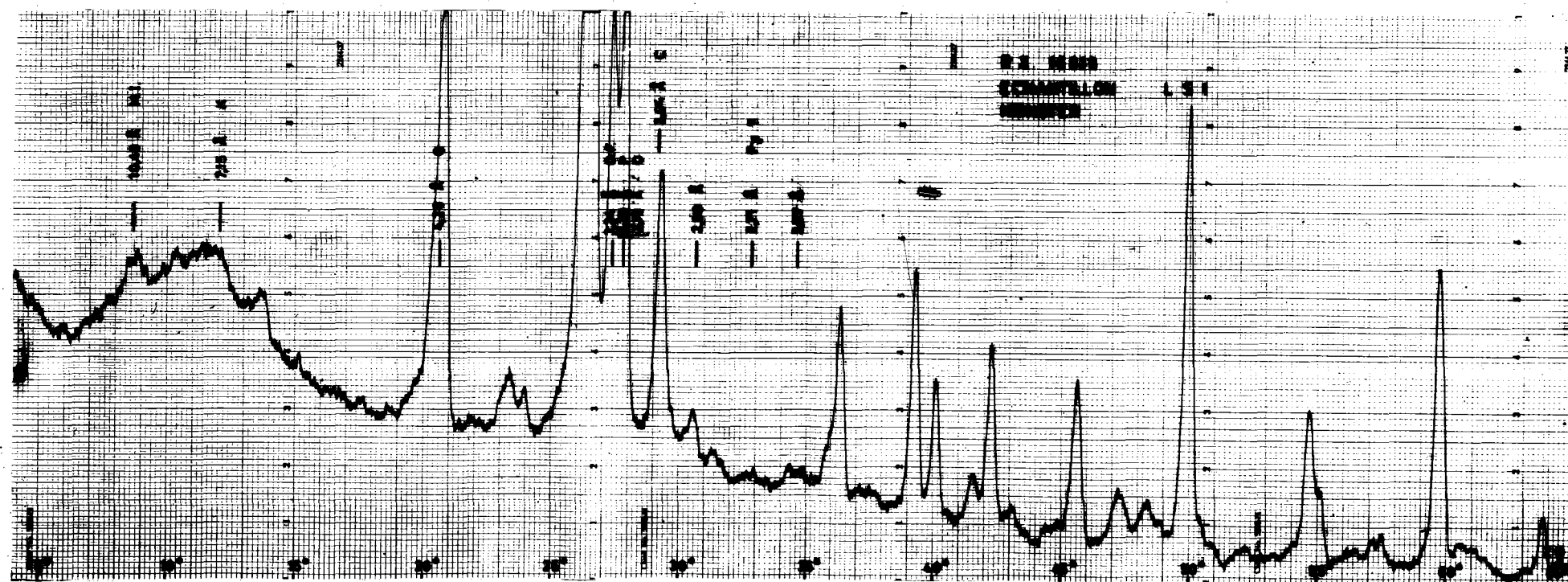
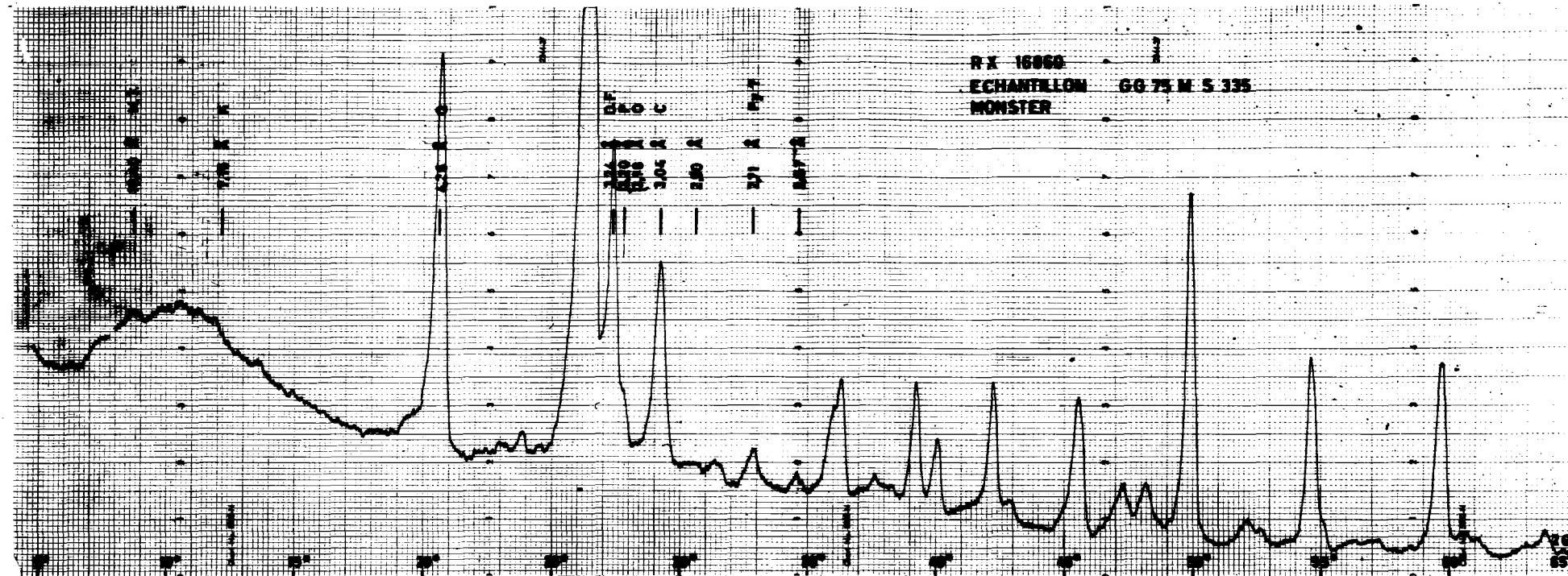
Il est remarquable que, malgré leurs granulométries tellement différentes, les vases de l'Escaut et celles du Grote Geul ont une composition minéralogique comparable. Excepté la présence de montmorillonite dans le lit du fleuve, tous les minéraux chariés par celui-ci ont été retrouvés dans l'ancien bras de l'Escaut, et dans des proportions semblables. Seuls l'état de cristallisation, la répartition granulométrique et les argiles permettent de les distinguer. On ne peut parler de "la" vase du Grote Geul car cet ancien bras de l'Escaut est rempli d'une série de couches quasi horizontales de caractéristiques distinctes.

Cette variation ne se fait pas d'une façon continue et on retrouve des horizons voisins de caractéristiques fort différentes. Ainsi l'échantillon GG 72 M S 318 contient une forte proportion de matière organique (probablement de la tourbe), le GG 52 F S 12 beaucoup de pyrite, le GG 53 E 2 S36 beaucoup de kaolinite et mica-illites, le GG 75M S 335 est un échantillon sableux et l'échantillon GG 73B S 37 contient beaucoup de calcite. Quant aux feldspaths, une forte proportion d'orthoclase ferrique est présente dans l'échantillon GG 72M S 311, alors que les échantillons LS 1 et GG 75M S 326 contiennent plus d'orthoclase (cette raie pouvant éventuellement être du plagioclase).











ANALYSE SEMI-QUANTITATIVE PAR DIFFRACTION DES RAYONS X .

Echantillon	M.I.	K.	Q	O.F	O (ou P)	C		Py(?)	
	10,00Å	7,15Å	4,24Å	3,24Å	3,18Å ou 3,20Å	3,03Å	2,90Å	2,70Å	2,57Å
53 E1									
S 1	13,87	12,23	29,40	17,12	10,40	45,80	-	10,40	6,53
S 2	12,23	14,28	21,65	6,12	8,16	36,00	-	10,40	2,04
S 3	19,18	19,18	51,80	20,4	38,75	44,90	9,80	4,09	5,30
S 4	17,54	17,54	37,95	18,36	16,32	39,20	2,04	3,68	8,57
S 5	18,36	10,20	13,48	40,80	37,12	49,80	17,55	2,04	9,38
S 6	13,87	11,41	70,20	-	-	42,90	-	10,61	5,30
53 F									
S 7	14,28	16,32	20,40	-	34,25	45,30	4,08	10,61	5,30
S 8	16,32	13,88	26,95	-	9,28	41,60	-	11,41	4,90
S 9	15,92	12,22	29,40	12,22	9,79	37,95	5,30	2,86	7,76
S 10	20,58	12,25	32,45	19,38	11,48	41,50	5,93	5,93	7,11
S 11	14,23	11,87	43,10	9,88	15,82	29,65	-	7,11	5,14
S 12	14,83	9,10	28,70	9,55	15,30	33,50	7,17	29,70	6,21
53 G									
S 14	16,31	16,73	11,59	-	-	40,40	-	9,01	4,29
S 15	13,72	13,72	10,30	-	2,58	41,20	-	8,16	5,58
S 16	12,44	12,01	21,45	7,73	8,58	30,05	4,29	-	3,86
S 17	13,72	15,01	14,17	-	-	36,50	-	8,16	3,44
S 18	16,73	10,30	13,31	-	2,58	31,75	-	4,29	6,01

M.I : Mica - Illite  
K : Kaolinite  
Q : Quartz  
O.F : Orthoclase ferrique  
O(ou P): Orthose (ou Plagioclase)  
C : Calcite  
Py : Pyrite



ANALYSE SEMI-QUANTITATIVE PAR DIFFRACTION DES RAYONS X.

Echantillon	M.I.	K	Q	O.F	O (ou P)	C		Py(?)	
	10,00 Å	7,15 Å	4,24 Å	3,24 Å	3,18 Å ou 3,20 Å	3,03 Å	2,90 Å	2,70 Å	2,57 Å
72 M									
S304	19,58	19,17	20,00	14,17	-	54,58	4,17	14,50	6,66
S305	16,66	12,50	29,16	-	15,41	45,83	10,83	10,83	7,92
S306	13,33	8,75	60,00	33,33	27,92	43,75	6,25	4,17	8,33
S307	10,78	4,15	70,12	25,31	29,46	39,00	8,30	7,47	10,37
S308	18,67	12,45	66,80	34,44	23,24	43,57	-	5,39	7,47
S309	8,30	-	92,12	33,60	30,29	31,12	2,07	2,07	2,90
S310	12,03	6,22	81,74	38,59	21,99	69,29	6,22	3,32	6,22
S311	9,54	-	91,28	92,53	48,54	43,57	11,61	2,90	4,98
S312	19,67	12,29	89,34	59,02	33,61	58,20	14,34	3,69	11,06
S313	11,47	8,20	98,36	40,98	30,74	50,00	4,92	2,05	9,43
S314	11,15	-	82,40	45,06	32,19	44,63	4,29	2,15	5,15
S315	-	-	71,42	20,10	21,43	35,92	-	-	12,5
S316	22,32	13,39	62,50	35,71	22,77	54,46	8,93	-	10,71
S317	22,77	14,73	64,73	22,77	40,18	54,46	3,57	4,46	9,37
S318	5,36	-	29,02	8,93	-	18,75	-	4,91	4,02
S319	6,20	-	77,27	34,29	-	57,50	-	21,07	-
S320	-	-	94,21	-	-	59,91	-	9,50	-
S321	5,76	-	32,51	21,81	-	78,19	-	9,05	-

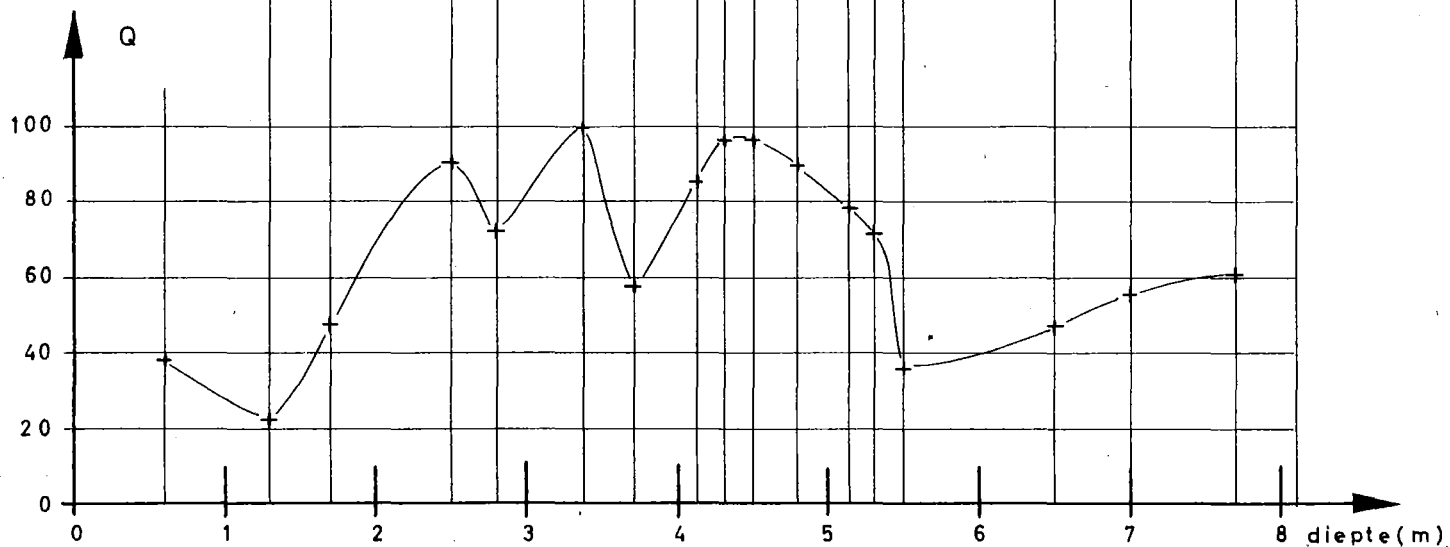
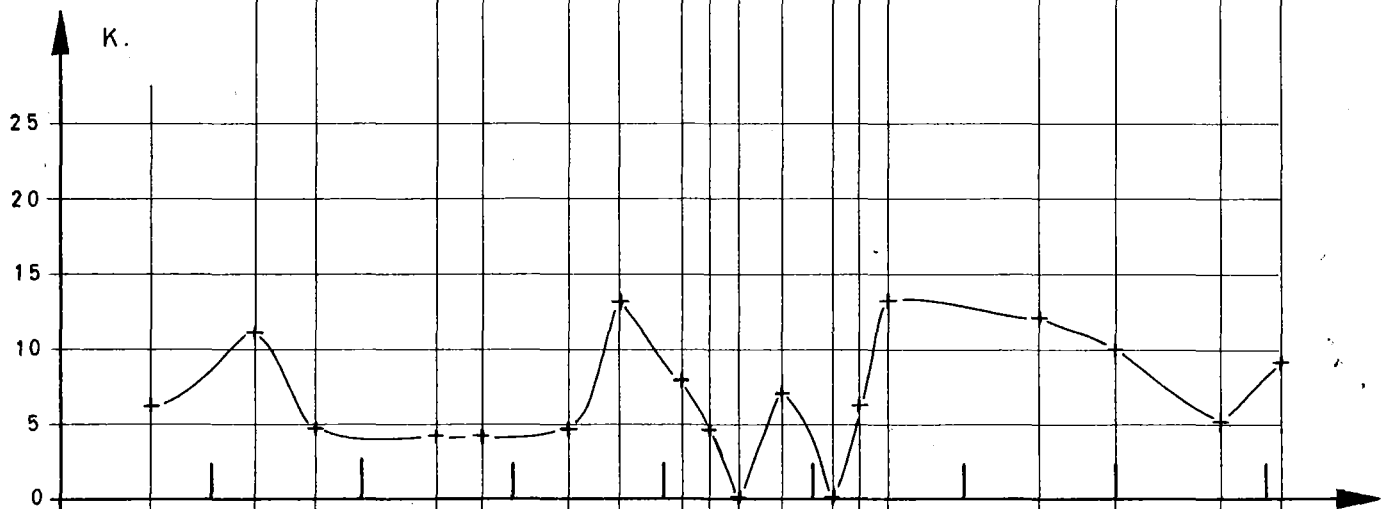
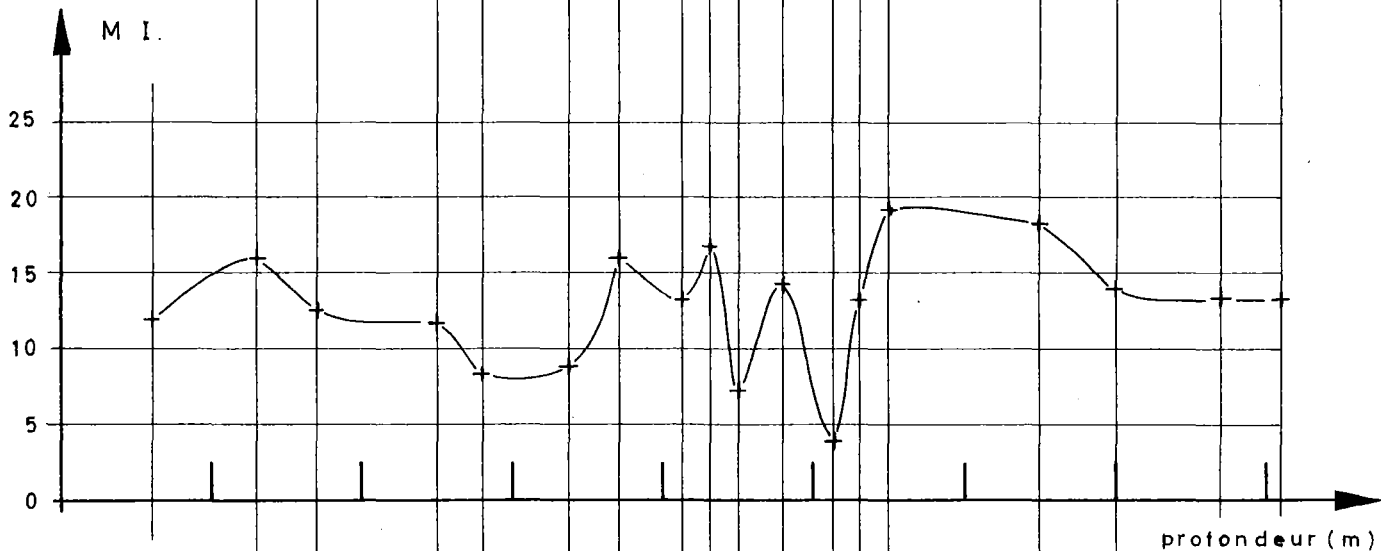
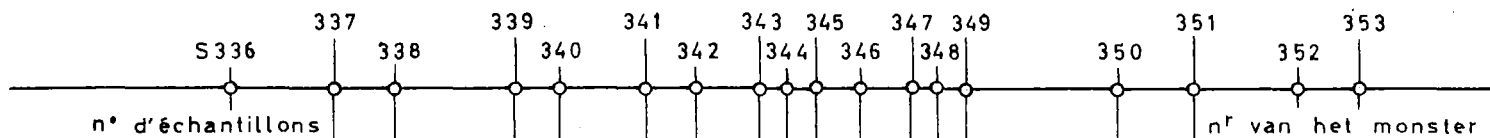
ANALYSE SEMI-QUANTITATIVE PAR DIFFRACTION DES RAYONS X.

Echan-	M. I	K	Q	O. F	O(ou P)	C		Py(?)	
	10,00Å	7,15Å	4,24Å	3,24Å	3,18Å ou 3,20Å	3,03Å	2,90Å	2,70Å	2,57Å
75 M									
S322	7,85	7,01	21,50	-	-	43,80	-	9,50	-
S323	12,81	12,81	61,10	14,47	14,47	45,90	5,37	2,89	9,50
S324	19,07	13,99	51,30	25,41	38,15	53,20	5,51	4,24	9,75
S325	18,22	15,27	64,00	31,40	22,45	45,70	5,51	2,96	7,63
S326	15,68	12,29	64,80	33,45	45,70	40,60	8,47	-	6,36
S327	13,57	8,47	84,70	31,80	30,95	42,80	7,20	-	5,51
S328	13,99	6,36	87,30	40,30	35,20	46,15	5,93	-	7,63
S329	18,63	12,71	99,50	39,20	26,50	44,95	4,24	-	6,36
S330	11,52	8,55	82,90	29,90	33,35	41,90	8,55	2,56	9,83
S331	12,82	8,11	66,60	81,80	28,20	41,90	9,83	-	6,84
S332	17,10	11,97	62,80	40,60	24,80	39,80	10,69	2,14	7,26
S333	19,65	13,68	59,00	27,80	23,50	51,60	7,26	2,14	7,26
S334	14,51	8,55	65,40	20,50	13,23	54,30	3,85	2,14	4,70
S335	2,14	-	82,50	64,10	9,00	40,60	2,14	8,55	3,85

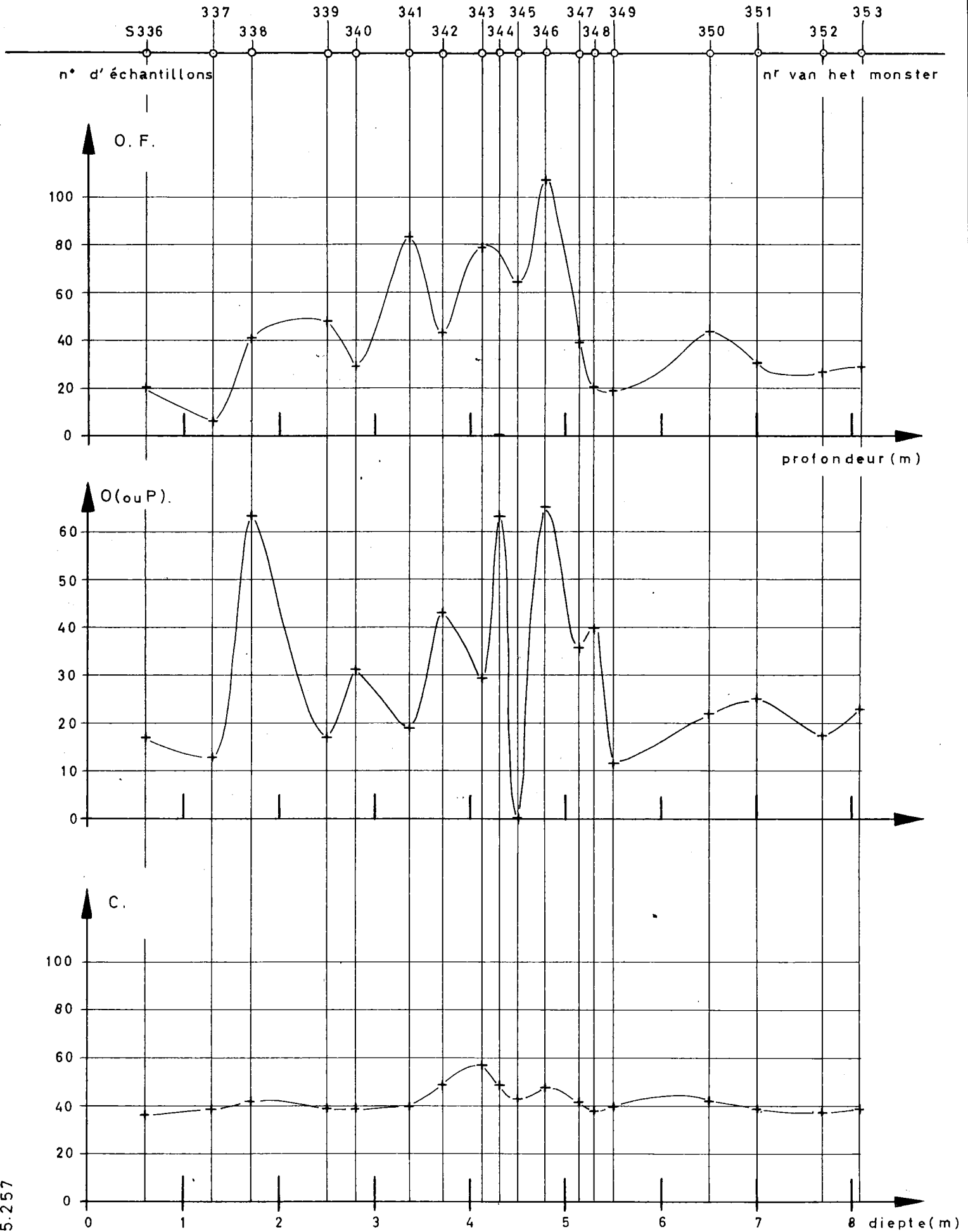
ANALYSE SEMI-QUANTITATIVE PAR DIFFRACTION DES RAYONS X.

Echan- tillon	M.I	K	Q	O.F	O(ou P)	C		Py(?)	
	10,00Å	7,15Å	4,24Å	3,24Å	3,18Å ou 3,20Å	3,03Å	2,90Å	2,70Å	2,57Å
53 M									
S336	12,00	6,44	38,60	20,60	17,15	36,90	10,30	6,45	10,30
S337	15,90	11,18	22,70	6,44	12,90	39,00	5,59	7,73	6,45
S338	12,45	4,72	48,00	40,80	63,50	42,00	7,30	2,60	7,30
S339	11,60	4,30	91,00	48,00	17,15	38,60	-	2,60	4,72
S340	8,16	4,30	73,00	29,60	31,30	38,60	7,73	2,15	3,40
S341	8,50	4,71	100,00	83,00	18,90	40,00	7,55	2,36	3,77
S342	16,00	13,50	58,00	43,00	43,00	49,10	20,50	2,87	6,15
S343	13,50	8,20	86,00	79,00	29,50	57,40	17,20	4,91	8,20
S344	16,50	4,71	97,50	-	63,70	48,50	-	2,36	7,10
S345	7,36	-	96,80	64,50	-	42,90	3,22	-	3,22
S346	14,50	7,50	90,00	107,50	65,50	48,00	-	2,00	8,50
S347	4,15	-	78,90	39,50	36,10	42,30	6,23	2,50	9,13
S348	13,30	6,55	72,60	20,30	39,80	37,90	4,56	1,66	6,65
S349	19,10	13,70	37,40	19,10	11,60	40,60	7,05	2,90	9,13
S350	18,30	12,45	47,70	43,60	22,00	42,30	-	-	7,47
S351	14,10	10,40	56,00	30,30	24,90	39,40	9,55	-	6,23
S352	13,70	5,40	61,50	27,40	17,40	37,80	-	-	6,23
S353	13,70	9,15	60,20	29,40	22,80	39,40	2,08	-	4,15

# FORAGE 53M BORING

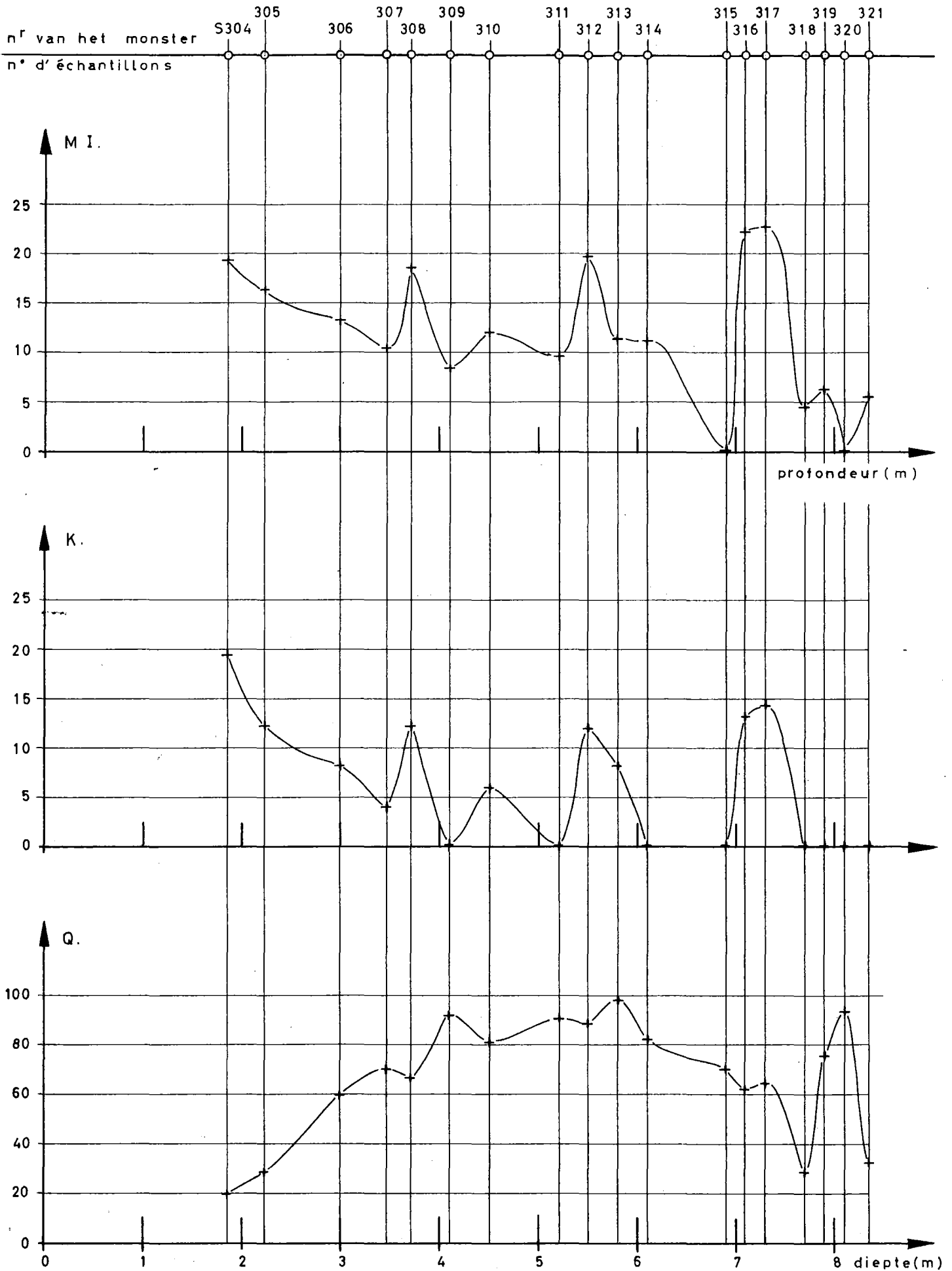


# FORAGE 53 M BORING



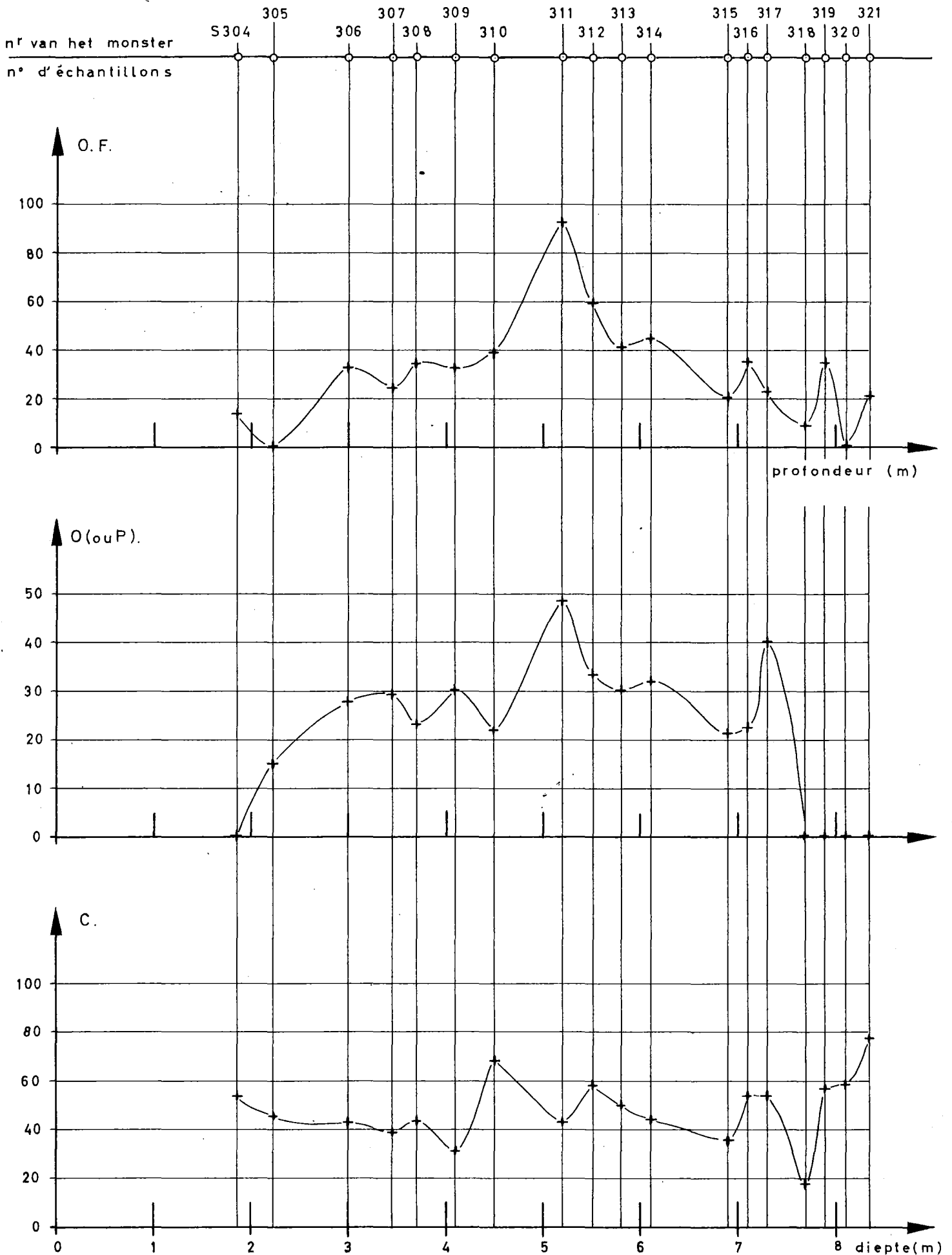
65.257

# FORAGE 72M BORING



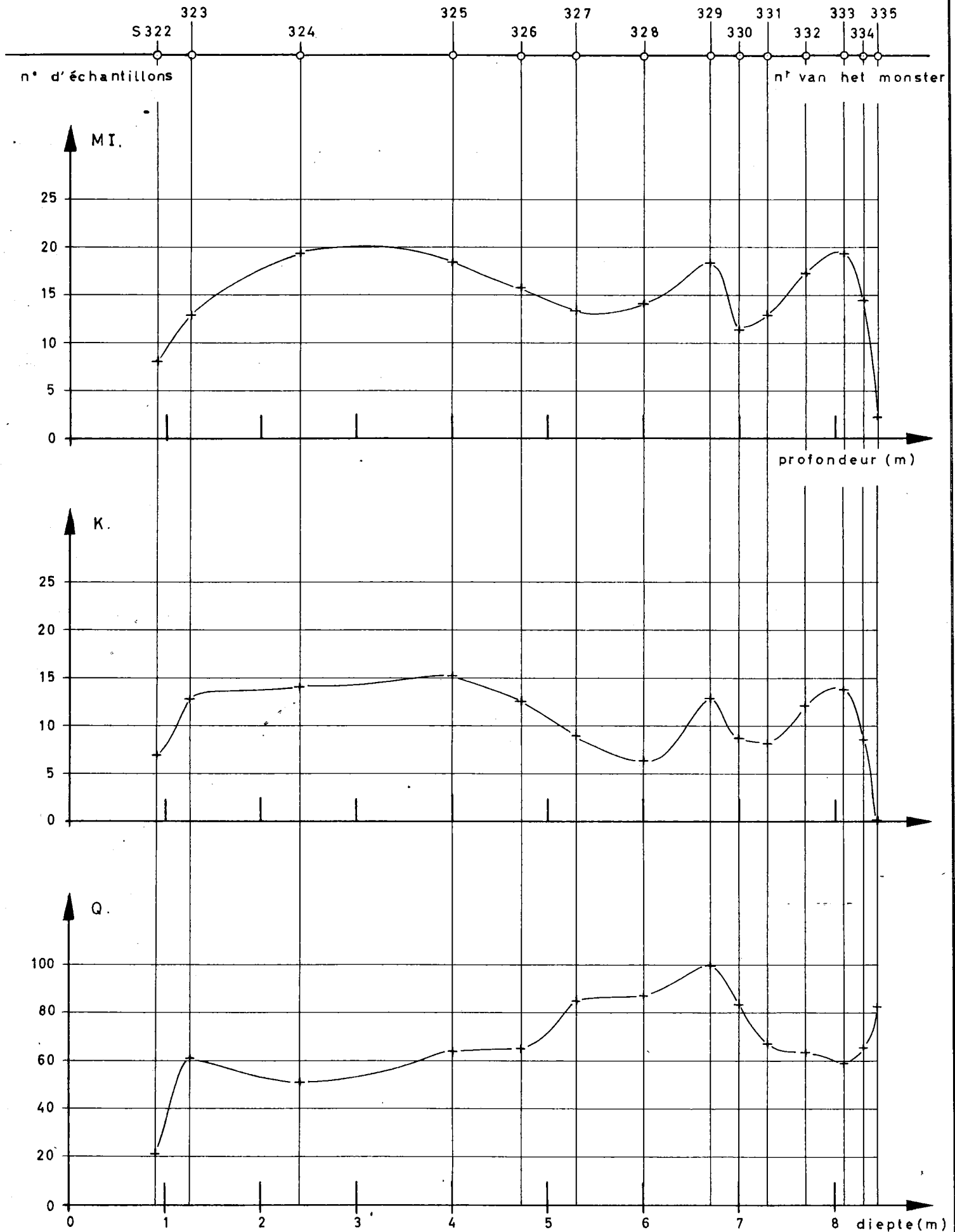


# FORAGE 72M BORING

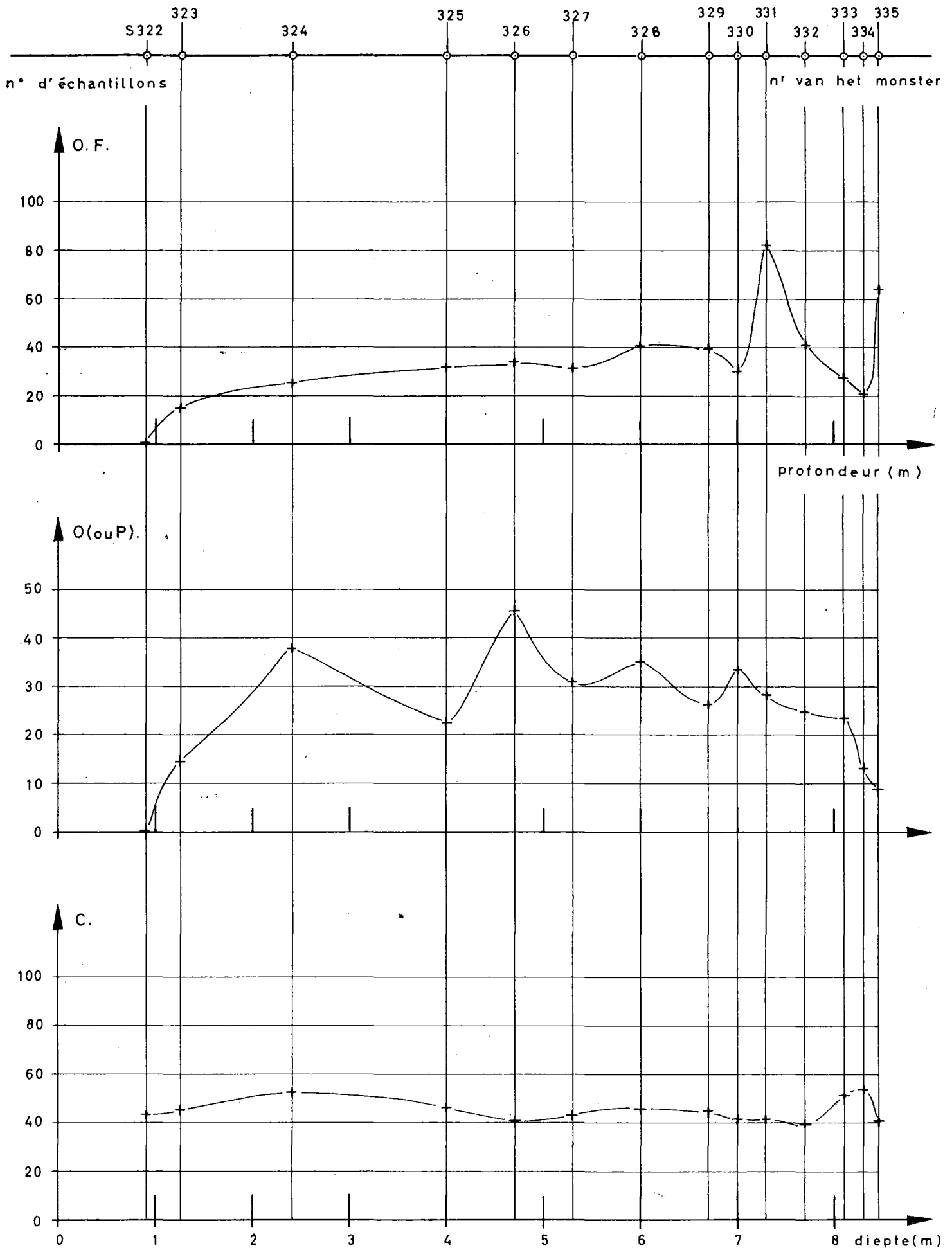


65.260

# FORAGE 75M BORING



# FORAGE 75M BORING



Lors d'une visite sur le terrain après le dragage d'une partie du Grote Geul, nous avons pu observer ces couches. Si on désire représenter graphiquement la variation d'une caractéristique de la vase en fonction de la profondeur, on ne peut donc pas, à cause de cette hétérogénéité, relier les points représentatifs par une courbe. C'est uniquement pour une raison de clarté que nous avons passé outre à cette remarque dans l'analyse de certains éléments.

Composition élémentaire.

Nous pouvons comparer la composition élémentaire des sédiments de l'Escaut à celle de vases marines et schistes (D. 3)

	Escaut	Vase marine	Shale
Si O <sub>2</sub>	61,00	57,05	58,10
Ti O <sub>2</sub>	0,43	1,27	0,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,00	17,22	15,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,00	7,62	6,74
Mn O	-	0,12	-
Mg O	-	2,17	2,44
Ca O	8,00	2,04	3,11
Na <sub>2</sub> O	-	1,05	1,30
K <sub>2</sub> O	1,89	2,25	3,24
CO <sub>2</sub>	2,3 à 15	-	2,63
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	0,21	0,17
SO <sub>3</sub>	1,66	-	0,64

Il apparait au premier abord quelques différences fondamentales. La silice et l'alumine ont des teneurs plus faibles dans les sédiments de l'Escaut, alors que la chaux est plus abondante.

./..

La silice :

- Escaut : les fluctuations de la teneur en silice (50% à 80%) sont dues à la quantité plus ou moins grande de sablon (quartz). Le silicium se trouve sous la forme de quartz, silicates (argiles et feldspaths), diatomées (opale) et silice colloïdale.
  
- Grote Geul : la couche supérieure ( $\approx$  3 m) contient très peu de silice . Les autres couches contiennent autant de silice que les vases de l'Escaut, et sous la même forme minéralogique.

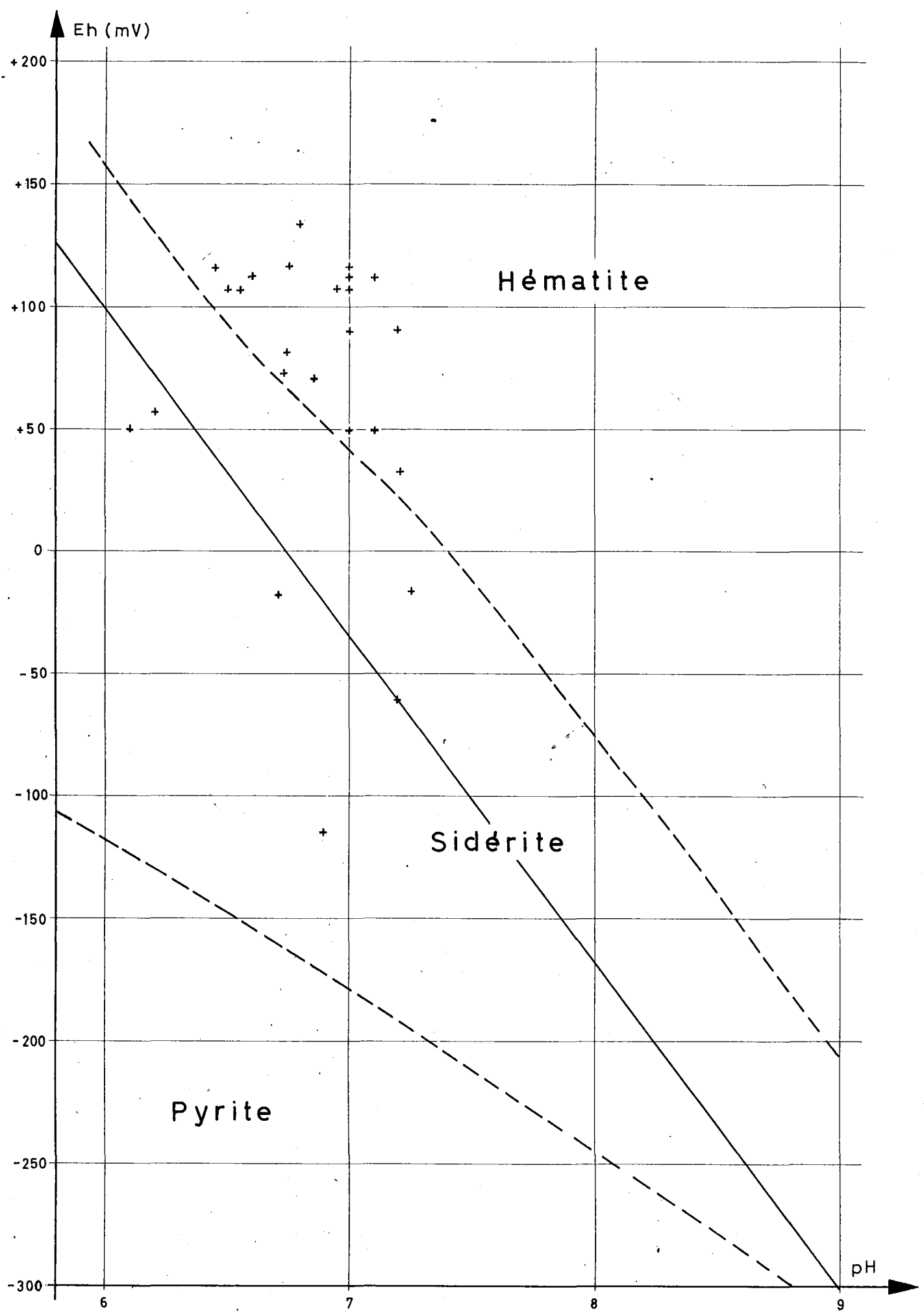
L'alumine :

- Escaut : la teneur faible en alumine s'explique par la faible quantité de minéraux des argiles et de feldspaths.
  
- Grote Geul : malgré que l'on trouve au moins une famille d'argiles de plus que dans le fleuve, les teneurs en alumine sont comparables.

Le fer :

- Escaut : le fer peut être présent dans plusieurs minéraux : les argiles et feldspaths, l'hématite (oxyde de fer), la sidérite (carbonate de fer), la pyrite (sulfure de fer) et la limonite (hydroxyde de fer ). En fait, on le trouve essentiellement sous la forme d'argiles , feldspaths (orthose ferrique) et limonite. Dans certains échantillons la pyrite est présente, dans d'autres c'est la sidérite.

GROTE GEUL : RELATION ENTRE LE pH ET LE Eh  
 BETREKKING TUSSEN DE pH EN DE Eh



- Grote Geul : les points représentatifs des pH et Eh des vases du Grote Geul se situent à la limite entre le domaine de stabilité de l'hématite et celui de la sidérite.

Le calcium :

- Escaut et Grote Geul : on le trouve essentiellement dans la calcite. Eventuellement on pourrait le trouver dans des plagioclases (feldspaths).

Le potassium :

- Escaut : trois familles de silicates contiennent cet élément : l'orthose (feldspath) , les illites et les montmorillonites, ces dernières pouvant être néoformées à partir des illites par fixation d'ions potassium entre les feuillets.
- Grote Geul : les mêmes minéraux entrent en ligne de compte à part les montmorillonites.

Le soufre :

- Escaut et Grote Geul : essentiellement sous forme de pyrite ( $FeS_2$ ).

Le titane :

- Escaut et Grote Geul : le rutile ( $TiO_2$ ) et l'ilmenite ( $FeTiO_3$ ) sont les deux minéraux du titane probables , présents dans la vase.

Le sodium :

Cet élément n'a pas été dosé , sa concentration étant très faible. Cependant, la raie des diagrammes de diffraction des rayons X identifiée comme une orthose pouvant également être plagioclase, cet élément pourrait être présent dans certains échantillons.

Le magnésium :

- Escaut : une des sources possibles de magnésium est constituée par les feuillets de brucite qui caractérisent les chlorites. Celles-ci seraient débritiques ou de néoformation à partir des montmorillonites. Remarquons que les mica-illites peuvent également contenir cet élément.

Discussion des résultats obtenus par fluorescence et diffraction de RX.

Nous voyons que les concentrations des différents éléments varient assez bien pour les échantillons des forages qui vont jusque 3,20 m (53 E 1 - 53 F - 53 G - 53 D - 53 E2 - 73 B).

Pour les forages profonds (53M - 72M - 75M), nous observons des variations très importantes pour le silicium. Les teneurs en fer, elles varient dans de plus faibles proportions. Quant aux autres éléments, ils varient peu avec la profondeur de prélèvement.

./..



Nous avons vu au paragraphe précédent que la diffraction de RX nous indique la présence de pyrite comme composé de fer. Cependant, si nous considérons les mesures de Eh et de pH obtenues (1) (Annexe 4), nous voyons (3) et (2) que nous sommes dans le domaine de stabilité de l'hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Nous n'avons donc pas atteint l'équilibre puisque la diffraction de R.X. indique la présence de pyrite ( $\text{FeS}_2$ ). Pour atteindre ce dernier, on devra avoir transformation de la pyrite en hématite. La pyrite est donc un minéral primaire du sédiment.

Si nous portons en graphique la variation de la teneur en  $\text{SiO}_2$  en fonction de celle en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , nous remarquons qu'à une augmentation de la teneur en  $\text{SiO}_2$ , correspond une diminution de la teneur en fer. Nous voyons que nous avons des teneurs en fer élevées pour les échantillons prélevés à une profondeur inférieure à 4 m et celles-ci diminuent en passant par une zone transitoire pour les échantillons prélevés en dessous de 4m.

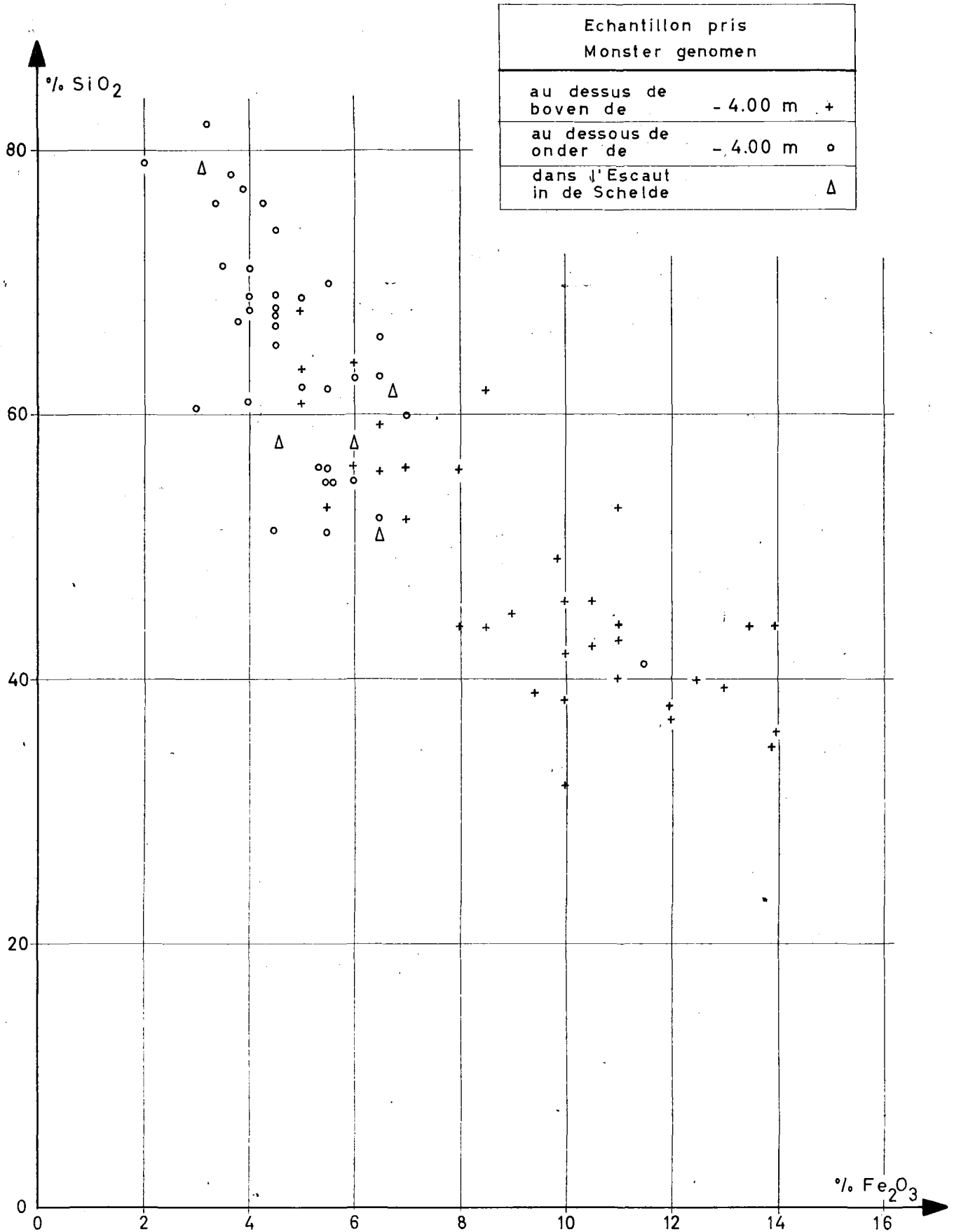
L' $\text{Al}_2\text{O}_3$  et le CaO ne subissent que de faibles variations sauf pour le CaO dans les échantillons pris dans le sable qui contient des coquillages.

Comme la teneur en CaO, celle en  $\text{CaCO}_3$  varie dans de faibles proportions. On observe cependant une diminution du CaO lorsque la teneur en  $\text{SiO}_2$  est importante.

Nous voyons également qu'il existe une corrélation entre la teneur en  $\text{CO}_2$  et C organique et en  $\text{SO}_3$ . Les teneurs les plus élevées se rencontrent en surface et il leur correspond des valeurs élevées des teneurs en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et  $\text{CaO}$ .

./..

VARIATION DE LA TENEUR EN  $\text{SiO}_2$  EN FONCTION DE LA TENEUR EN  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .  
 VARIATIE VAN HET  $\text{SiO}_2$ -GEHALTE IN FUNKTIE VAN HET  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -GEHALTE.



Ceci nous permet d'admettre que nous avons formation de composés sur place par précipitation. On a en solution des ions fer et calcium. D'autre part, on sait que la matière organique produit des quantités importantes de  $S^{=}$  et de  $CO_2$ .

C'est ainsi que, suivant les conditions ambiantes, on pourra avoir précipitation de  $FeS_2$ ,  $FeCO_3$  ou de  $CaCO_3$ .

Il est intéressant de remarquer la similitude entre la variation de la teneur en silice par l'analyse par fluorescence RX et celle en quartz trouvée par diffraction de RX pour les mêmes échantillons en fonction de la profondeur.

Par contre, les concentrations en orthoclase ferrique  $1/2 \{ K_2O (Al Fe)_2 O_3 6 SiO_2 \}$ , en orthoclase  $1/2 \{ K_2O Al_2 O_3 6 SiO_2 \}$  ou plagioclase  $\{ 0,7 Na AlSi_3 O_8 ; 0,3 Ca Al_2 Si_2 O_8 \}$ , en mica-illite  $\{ (AlFe)_2 (OH)_2 Al Si_3 O_{10} \} H_2O$ , en kaolinite  $\{ Al_2 O_3 2 SiO_2 2 H_2O \}$  fournis par l'analyse semi-quantitative par diffraction de R. X. nous indiquent de fortes variations d'un échantillon à l'autre.

Ceci nous amène à conclure qu'il y a eu un apport principalement de quartz et en de plus faibles proportions, de feldspaths, micas, kaolinite et de matières organiques par les eaux. Ces substances ont ensuite décanté.

A certains moments, on a pu assister à des périodes de stagnations au cours desquelles on a eu développement des matières organiques. On constate notamment une augmentation de la teneur en C organique pour les échantillons prélevés entre 6, 5 et 8 m.

Les diatomées et les spicules d'éponges se sont entourés de silice et précipitent celle-ci sous forme colloïdale, on la retrouve en effet dans les fractions très fines.

On aura également précipitation de carbonate et de sulfures suivant la teneur en  $\text{CO}_2$  et  $\text{S}^{=}$ , c'est-à-dire suivant l'activité bactérienne du milieu.

L'alternance des périodes de dépôts que nous venons de constater pourrait s'expliquer d'après l'évolution historique du Grote Geul.

Il serait intéressant d'essayer d'établir une corrélation entre les différents remaniements subis au cours de l'histoire et l'on pourrait peut être dater ces sédiments, mais ceci sort du contexte du présent travail.

Nous avons également analysé 5 vases prélevées dans l'Escaut (LS 1 à LS4 et LS 5a). La composition élémentaire de celles-ci n'est pas essentiellement différente de celle des vases du Grote Geul, mais elles semblent mieux cristallisées.

Il y a cependant une différence importante : c'est la dimension moyenne des particules :

Grote Geul : 0,7  $\mu$

Escaut : 30  $\mu$

D'autre part un diagramme de diffraction de RX d'un échantillon prélevé dans le Polder est tout à fait semblable à celui d'une vase.

A la lumière des considérations précédentes, on peut émettre l'hypothèse suivante quant à l'origine des vases du Grote Geul. Lors d'inondations, les sédiments se sont déposés dans les Polders. Ces sédiments ont ensuite été lavés par les eaux de pluie. Celles-ci ont, à leur tour, entraîné les particules les plus fines et les ont déposées dans le Grote Geul.

## CHAPITRE V.

---

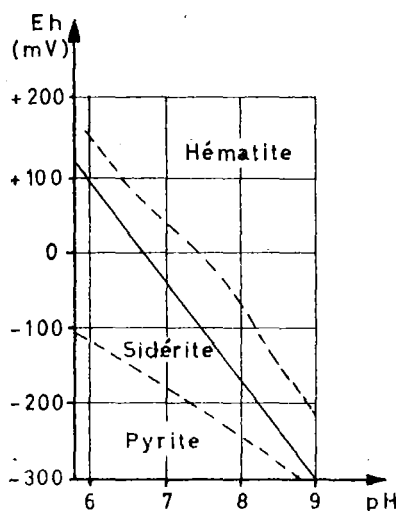
### L'EAU DE L'ESCAUT.

Nous avons mesuré certaines caractéristiques physico-chimiques (pH, Eh, conductivité) et chimiques (teneurs en silice, chaux, chlorure de sodium) des eaux de l'Escaut.

#### 1. pH et Eh.

---

Le pH varie dans un domaine assez étroit compris entre 7 et 7,5 avec un maximum aux environs de 7,25. Le potentiel oxydo-réducteur varie de 250mV à 400 mV. Le composé du fer stable pour ces valeurs est l'hématite.



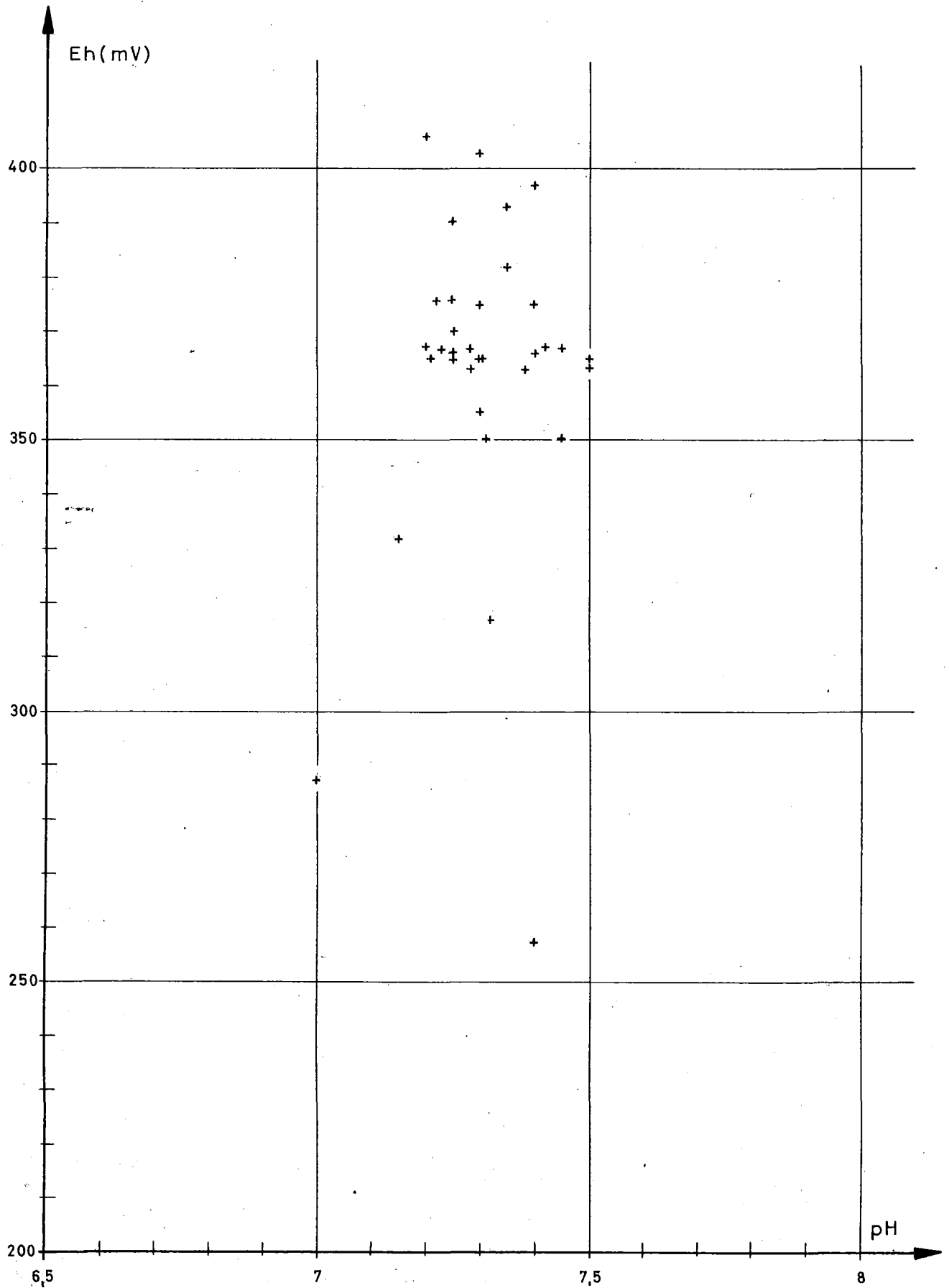
(Diagramme de stabilité d'après Krumbein et Garrels 1952).

#### 2. Relation entre la conductivité et la teneur en sel gemme.

---

L'Escaut, dans la région d'Anvers, est un fleuve soumis à la marée. Les sels dissous proviennent donc aussi bien d'aval que

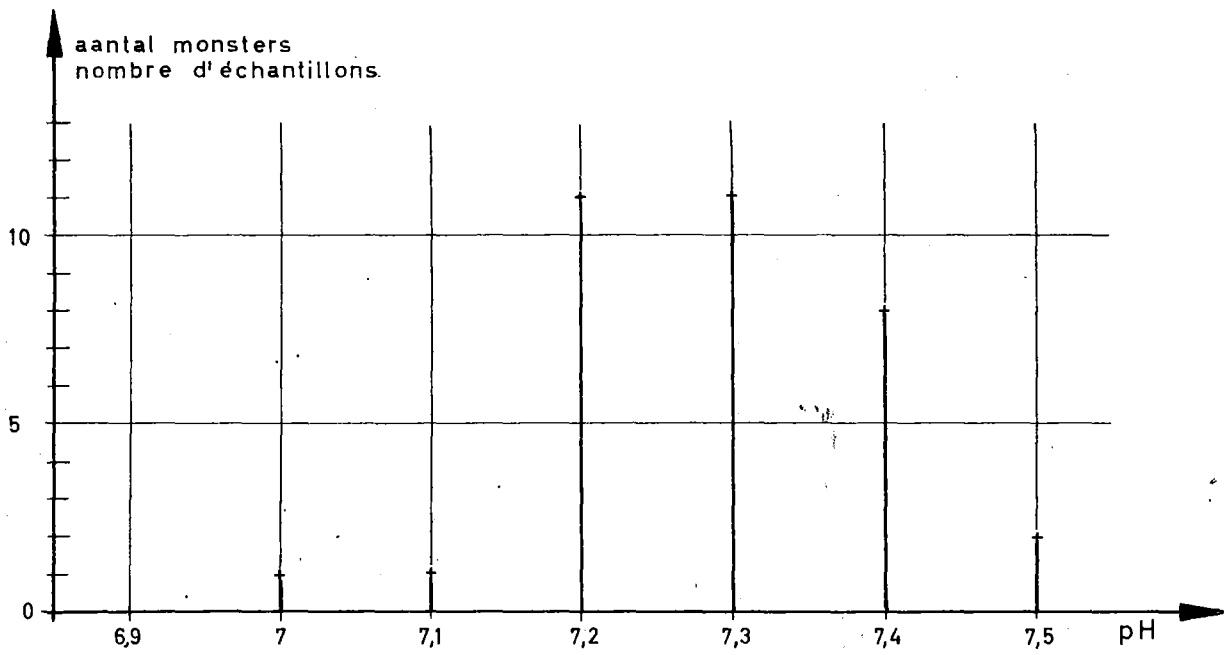
ESCAUT : RELATION ENTRE LE pH ET LE Eh.  
SCHELDE : BETREKKING TUSSEN pH EN Eh.



# EAU DE L'ESCAUT - SCHELDEWATER

Dispersion des valeurs du pH

Spreiding der pH - waarden



d'amont. Comparons les compositions de l'eau de mer et des eaux courantes.

	Eaux courantes	Eau de mer
Ca	20,39	1,15
Na	5,79	30,62
K	2,12	1,10
Mg	3,41	3,69
SiO <sub>2</sub>	11,67	-
(FeAl) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,75	-
CO <sub>3</sub>	35,15	0,41
SO <sub>4</sub>	12,14	7,68
Cl	5,68	55,04
NO <sub>3</sub>	0,90	-
divers	-	0,31

L'apport des eaux courantes consiste donc essentiellement en ions Ca<sup>++</sup>, alors que celui de la mer est surtout constitué d'ions Na<sup>+</sup>.

La conductivité de l'eau de l'Escaut est variable suivant le moment de la marée, c'est-à-dire, suivant que le débit d'amont ou le débit d'aval est prépondérant. En portant la teneur en NaCl en fonction de la conductivité, on remarque que pour les teneurs élevées en sel gemme, correspondant à marée haute, la courbe a une courbure faible, alors qu'en se rapprochant d'une teneur nulle en NaCl, la courbure augmente l'influence relative du calcium devenant de plus en plus sensible.

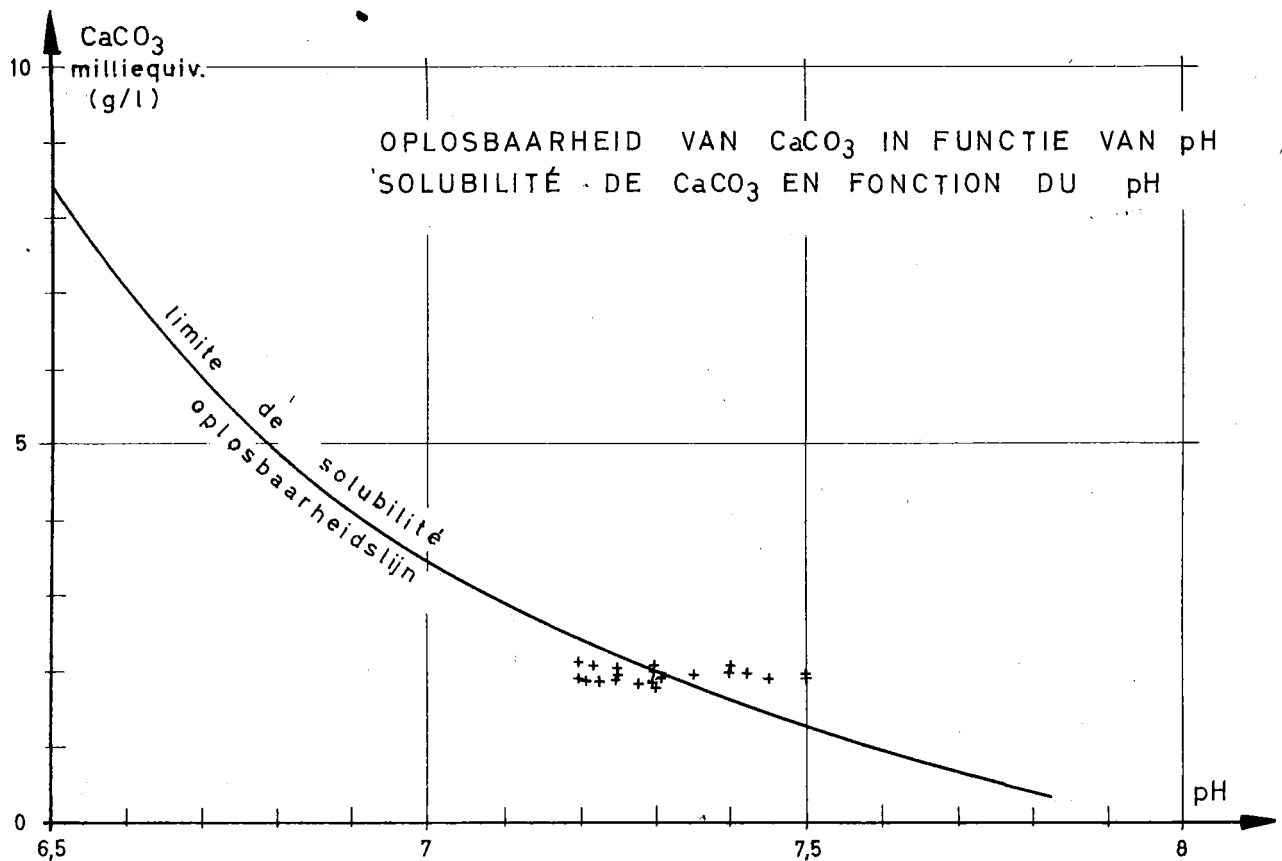
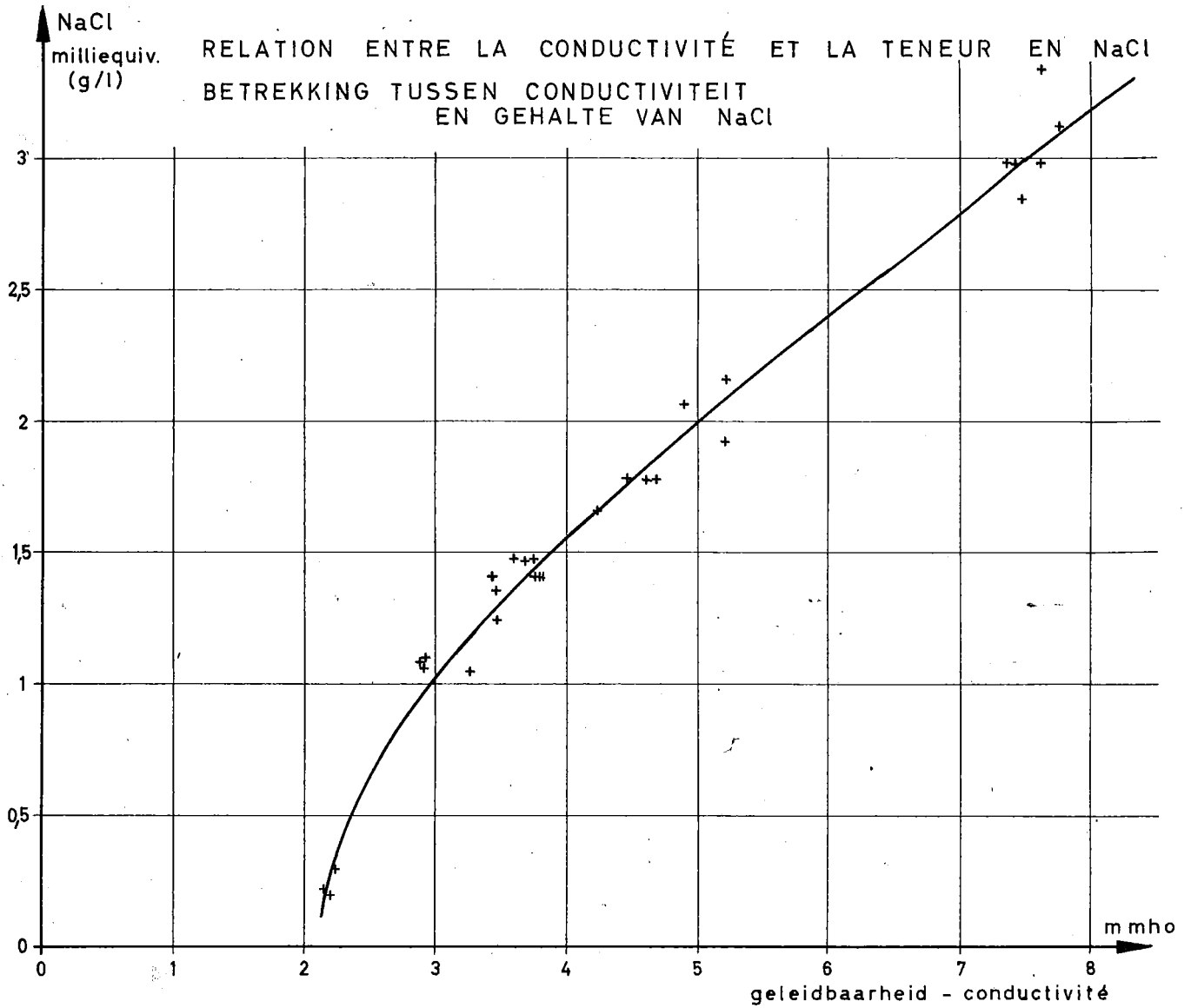
### 3. Carbonate de Calcium.

-----

Le carbonate de calcium dissous dans l'eau de l'Escaut a une teneur assez constante mais élevée (environ 2 milliéquiv. g/l).



# EAU DE L'ESCAUT - SCHELDEWATER



Or, pour un pH de 7,3 environ, les courbes de solubilité de  $\text{CaCO}_3$  en fonction du pH (d'après Wattenberg et Timmerman, 1936) nous indiquent que l'eau de l'Escaut est saturée en carbonate de calcium dissous.

#### 4. Teneur en silice.

-----

La teneur en silice varie entre 9 et 14 mg/l. Cette teneur élevée est principalement dû au débit amont, cette teneur étant très faible dans l'eau de mer. Rappelons que les diatomées, qui constituent la plus grande partie de la biomasse phytoplanktonique, fixent cette silice pour former leur carapace formée d'opale (silice amorphe)

Echantillon		Profondeur (m)	pH	Eh (mV)	Conductivité (millimho)	Résistivité (ohm)	Ca CO <sub>3</sub> mg/l	Ca CO <sub>3</sub> milliéquiv g/l	NaCl g/l	Si O <sub>2</sub> mg/l
Z	1	0	7,3	+403	7,75	136	403,7	2,02	3,22	10,25
	2	1	7,4	+397	7,60	139	390,2	1,95	3,33	9,90
	3	3,5	7,4	+375	7,60	139	410,4	2,05	2,98	9,80
L	4	0	7,25	+376	7,45	142	397,0	1,99	2,84	9,80
	5	1	7,22	+376	7,40	143	403,7	2,02	2,98	10,05
	6	4	7,20	+406	7,35	144	417,2	2,09	2,98	9,96
Bo	7	0	7,35	+393	4,88	216	383,5	1,92	2,06	11,35
	8	3	7,25	+390	5,20	203	397,0	1,99	2,15	10,95
	9	8	7,30	+275	5,20	203	383,5	1,92	1,92	11,50
N	10	0	7,30	+355	2,92	362	363,3	1,82	1,06	12,35
	11	1	7,31	+350	2,89	365	370,0	1,85	1,08	12,80
	12	1,75	7,21	+365	2,91	363	363,3	1,82	1,10	12,50
B(T)	13	0	7,23	+367	2,20	480	363,3	1,82	0,19	13,55
	14	2	7,30	+365	2,15	491	349,9	1,75	0,21	12,98
	15	6	7,30	+365	2,22	475	349,9	1,75	0,30	12,55

B(KT)	16	0	7,40	+366	3,58	295	383,5	1,92	1,47	11,45
	17	2	7,25	+367	3,75	282	370,0	1,85	1,47	11,25
	18	5	7,25	+365	3,68	287	383,5	1,92	1,47	11,60
A	19	0	7,25	+366	3,42	309	383,5	1,92	1,40	12,15
	20	1	7,25	+370	3,45	306	376,8	1,88	1,35	12,10
	21	3	7,28	+363	3,45	306	363,3	1,82	1,24	12,25
Zw	22	0	7,45	+350	3,75	282	363,3	1,82	1,40	12,08
	23	2	7,28	+367	3,78	279	363,3	1,82	1,40	11,62
	24	4	7,20	+367	3,80	278	370,0	1,85	1,40	11,80
K	25	0	7,42	+367	4,45	237	383,5	1,92	1,78	10,35
	26	1	7,50	+363	4,60	230	383,5	1,92	1,78	10,70
	27	1,75	7,50	+365	4,68	226	397,0	1,99	1,78	9,85
L	28	0	7,15	+332	10,20	98				
	29	0	7,35	+382	10,10	99				
VC	30	11	7,00	+287	9,17	109				
	31	5	7,40	+257	8,77	114				
	32	0	7,32	+317	7,58	132				
L	33	0	7,45	367	3,25	325	349,9	1,75	1,04	9,75
F	34	0	7,38	363	4,22	250	370,0	1,85	1,65	5,45

## CONCLUSIONS :

Dans ce travail , nous avons procédé à une analyse de la composition minéralogique et des propriétés physico-chimiques des sédiments et suspensions de l'Escaut dans la région d'Anvers. L'étude des sédiments a été menée à bien sans grandes difficultés, les techniques expérimentales ayant pour la plupart été mises au point lors de l'analyse des vases du Grote Geul, un ancien bras de l'Escaut au Nord d'Anvers. Par contre, l'analyse des suspensions n'a pu être poussée aussi loin, les méthodes ayant dû être adaptées.

Une première constatation importante est la correspondance que nous pouvons établir entre les vases de l'Escaut et celles du Grote Geul quant à leur composition élémentaire et leur cortège minéralogique.

Nous nous trouvons manifestement en présence de deux vases chimiquement semblables à quelques minéraux près, alors que la granulométrie est fort différente. Il serait intéressant d'essayer d'expliquer cette différence de granulométrie en fonction de l'histoire de la formation du Grote Geul. Les suspensions de l'Escaut ont la même composition minéralogique que les sédiments. La composition élémentaire quantitative n'a pas été mesurée pour des raisons dont nous avons déjà parlé.

Cette étude a permis de mettre en lumière certains problèmes intéressants, tels que l'origine des différents minéraux, la précipitation de certains d'entre eux, ainsi que le problème de la décantation en fonction des facteurs physico-chimiques de l'eau de l'Escaut.

Juillet 1965.

BIBLIOGRAPHIE

- A 1 ALEXANIAN(C)ROUGE(P. E.) et VATAN(A).  
Progrès récents dans l'étude minéralogique des roches  
sédimentaires à grains fins. Rev. Inst. Pétrole, 1954,  
vol. IX, n°6 p. 243-261.
- B 1 BLEEKSMASMA J., KLOOS G. et DI GIOVANNI H. J.  
Philips Techn. Rev. 1948.
- B 2 BOURCART J. et FRANCIS-BOEUF C. :  
La vase . 1942.
- C 1 CARLSON E. T. : J. Research Nat. Bur. Standards (U. S.)  
1931.
- D 1 DE KEYSER W. L. : Bijdrage tot de studie van het kaolien  
enkele Belgische kleisoorten 1938.
- D 2 DE KEYSER W. L. : Rev. Gén. Sciences Appliquées AI Br  
1952.
- D 3 DEBYSER J. : Contribution à l'étude géochimique des  
vases marines (Institut français du pétrole).
- D 4 DURIEZ et ARRAMBIDE.  
Nouveau traité de matériaux de construction  
T. I. p. 271.
- D 5 DEBYSER (J).  
Note sur un procédé de préparation des plaques minces dans  
les sédiments fins actuels . Rev. Inst. Fr. Pétrole. 1957 c. vol. 12  
n°4. p. 489-492 .
- G 1 GUINIER A. : "Cristallographie"-édition anglaise . "X-ray.  
Crystallographie Technology" Holger & Watts Ltd. -Londres 1952.

G 2 GARRELS R.M. : Mineral Equilibria. 1960.

H 1 HENRICI (A. T.) M.D.  
The Biology of Bacteria  
D. C. Heath and Compagny 1948.

H 2 HAUTECLER M., HANS A., LESIR M., HANCART J.  
Analyse quantitative, rapide, par fluorescence des  
rayons X, des minerais de fer et agglomérés aux usines  
de Hainaut-Sambre-Charleroi, Conférences du Colloque  
de Madrid.  
NV. Philips-Département Appareils Scientifiques  
Eindhoven- Pays-Bas.

---