

CHAPITRE VII

L'eau du Bas-Escaut

Malgré tout l'intérêt que les chercheurs attachent à l'étranger à l'étude des estuaires de leurs pays respectifs, l'Escaut n'a, jusqu'à présent, fait l'objet que d'une quantité relativement minime de travaux. Seule, l'étude de la faune et de la flore des rives, des slikke et des schorre, des terrains inondables, a donné lieu à quelques publications parmi lesquelles il faut citer celles de W. ADAM (1947), W. ADAM & E. LELOUP (1939), W.G. BEEFTINCK (1956), W. CONRAD (1938, 1939, 1940), W. CONRAD & H. KUFFERATH (1912) E. LELOUP & B. KONIETZKO (1953), H. NYST (1855), M. POLL (1945), H.C. REDEKE (1902); J. SLOFF (1936), H.J. VAN LANGENDONCK (1931, 1932) et L. VAN MEEL (1937, 1938, 1939, 1941, 1942, 1949).

On rencontre néanmoins des notes ou des indications chez J. MASSART (1908) et H. VAN HEURCK (1885). C'est ainsi que le premier de ces deux auteurs a publié dans son « Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique », une observation d'ordre très général : « A Lilloo, l'eau de l'Escaut varie beaucoup avec la marée, lorsque celle-ci est haute et fait refluer l'eau de mer, les eaux d'amont opèrent une dilution appréciable, mais l'eau reste pourtant très salée. A Burght (en amont d'Anvers) la marée haute amène encore pas mal de sels marins qui ne disparaissent pas même totalement à marée basse ».

H. VAN HEURCK (1885) dans son « Synopsis des Diatomées de Belgique », cite un assez grand nombre de Diatomées sans donner toutefois des indications précises sur leur répartition dans le fleuve. Nous aurons l'occasion de revenir, plus loin, sur les indications de cet auteur.

Il en est à peu près de même en ce qui concerne les sciences appliquées notamment l'hydrographie, pour lesquelles nous ne relevons que les noms de C. BONNET (1924), R.E.L. CODDE (1951), H. GILLENS, L. VAN BRABANDT, J. MELOTTE, A. WEYTS et J. PIERROT (1908), R.E.L. CODDE, J. LAMOEN & J.E.L. VERSCHAEVE (1953), A. KUMMER (1849), M.L. PETIT (1882), A. STESSELS (1863, 1864, 1865, 1867, 1872), J. STINISSEN (1910, 1911), C. VAN MIERLO (1896, 1926), à L. VAN RAEMDONCK (1878). Quelques remarques d'ordre général se rencontrent dans l'Annuaire météorologique pour 1906 et chez P. BLANCHARD (1856) dans son ouvrage de base : « La Flandre ». Dans le même ordre d'idées, on peut encore citer la monographie de A. & A. BELPAIRE (1855) : « De la plaine maritime depuis Boulogne jusqu'au Danemark ».

Si nous parcourons, au contraire, la littérature consacrée à l'histoire, la géographie et la géologie de l'Escaut et des terres qu'il traverse, nous rencontrons les noms de A. BELPAIRE (1827), E. CAMBIER (1907), J. CORNET (1904), C. DAVID (1849), A. DE HOON (1852), J. DENUCE (s.d.), J. GOSSELET (1892-1893), J. KRUGER (1854), U.N. KUMMER (1886), J. LORIE (1895), DOM MANN (1773), A. MARCHAL (1852), J. MASSART (1908), F. PRIMIS (1937), A. SIRET (1870), J. STINISSEN (1910), E. VAN OVERLOOP (1898), A. VERHAEGEN (1881), E.J. VERSTRAETE (1898), A. WAUWERMANS (1877), G. WOLTERS (1847), pour ne nommer que les principaux. Signalons, enfin, le « Recueil des lois et arrêtés, règlement, etc., concernant l'Administration des Eaux et des Polders de la Flandre orientale » M.J. et G. WOLTERS (1896) intéressant à consulter à maint point de vue.

Mais ces divers travaux, même les études techniques, ne nous renseignent guère, ou que fort peu, au sujet des paramètres intéressant plus particulièrement l'écologiste.

Nous relevons encore, au point de vue hydrographique et sciences connexes, la thèse de doctorat de S. WARTEL (1972) consacrée à la sédimentation dans l'estuaire de l'Escaut (U.C. Louvain), R. CODDE & L. DE KEYSER (1963, 1967), R.D. CROMMELIN (1949), A.J. DE GROOT (1962), M. DELLA FAILLE (1951), J.J. PETERS (1965, 1968, 1969, 1971). Nous avons, en outre, eu connaissance récemment de la thèse de doctorat de C. DE PAUW (1974-1975) : « Bijdrage tot de kennis van milieu en plankton uit het Westerschelde-estuarium » (Rijksuniv. Gent, Fak. Wetensch.).

Dans une publication relative au district poldérien de la vallée du Bas-Escaut Belge (L. VAN MEEL, 1949), nous écrivions : « de même que sa florule, le chimisme de l'Escaut semble peu connu. Plusieurs problèmes se posent en effet. Jusqu'où le fleuve est-il vraiment saumâtre. A quel endroit rencontre-t-on des organismes halophiles ? Quelles sont les algues caractéristiques du fleuve, sont-elles amenées par le flux ou proviennent-elles de la décharge des eaux poldériennes ? Quelle est la répartition des algues dans le fleuve ? ».

Autant de questions auxquelles, même après plusieurs années, il est encore malaisé de répondre.

J. MASSART (1908), déjà cité plus haut, a publié des analyses de l'eau de l'Escaut à marée haute et à marée basse, respectivement à Lilloo et à Burght ; les déterminations ont été effectuées en avril 1904.

Dans le tableau 17 nous avons calculé, sous leur forme ionique, les données analytiques originales afin de permettre des comparaisons avec les valeurs obtenues au cours de nos propres recherches.

Nous avons estimé l'alcalinité en nous basant sur l'analyse originale et l'avons placée entre parenthèse.

TABLEAU 17

Analyse de l'eau de l'Escaut (19.IV.1904)
(dans J. MASSART, 1908)

	Lillo		Burcht	
	M. haute	M. basse	M. haute	M. basse
CO ₃ ⁻ Alcalinité	(2,016)	(1,518)	(0,493)	(0,118)
Cl ⁻	5,228	4,012	1,335	0,415
SO ₄ ⁻	0,741	0,589	0,255	0,123
Ca ⁺⁺	0,189	0,165	0,118	0,119
Mg ⁺⁺	0,339	0,285	0,104	0,026
Na ⁺	3,331	2,552	0,850	0,259
K ⁺	0,095	0,084	0,025	0,015

En 1949, nous avons publié les résultats de divers dosages occasionnels à divers points entre Breskens (Pays-Bas) et Gand. Ces résultats en Cl g par litre se rapportent aux points suivants :

Breskens, Berendrecht, Doel, Lillo, Kallo, Kruischans, Austruweel, Rupelmonde, Steendorp, Buitenland, Hingene, Temse, Wichelen. On a déterminé les extrêmes suivants (Tableau 18).

TABLEAU 18

	Cl g ‰		pH	
	M. haute	M. basse	M. haute	M. basse
Lillo	9,91	0,585	9,0	7,7
Temse	0,331	0,132	8,2	7,5

A partir de 1950 nous avons eu l'occasion de reprendre des mesures.

R.E.L. CODDE, Ingénieur en Chef-Directeur des Ponts et Chaussées aux Services maritimes d'Anvers, publia en 1951, une étude physico-chimique du bassin maritime de l'Escaut. Il y traita uniquement de la variation de la chlorinité des eaux du fleuve. Cette étude fut bientôt suivie d'une seconde: R.E. CODDE, J. LAMOEN, & J.E.L. VERSCHAEVE (1953) sur la chlorinité de l'Escaut maritime.

Il n'est pas sans intérêt de lui emprunter ses conclusions au sujet du régime maritime. D'après R.E.L. CODDE (1951), celui-ci se caractérise :

1. - par une embouchure libre ;
2. - par une amplitude de marée relativement forte à l'embouchure : l'amplitude moyenne annuelle y est de 3,76 m et celle des marées de syzygie et de quadrature respectivement de 4,37 m et 2,98 m ;

3. - par une pénétration lointaine de l'onde marée dans le bassin scaldisien dont la limite amont se situe à 160 km, au barrage de Gentbrugge, limite artificielle car l'énergie de l'onde y est loin d'être entièrement dégradée ;

4. - par l'existence d'une marée fluviale développant une onde isolée, c'est-à-dire dont la durée d'évolution est toujours moindre que celle de la marée qui lui donne naissance à l'embouchure. Il s'ensuit qu'une onde marée y a toujours terminé entièrement sa propagation, avant que l'onde suivante commence à pénétrer dans le fleuve ;

5. - par un débit d'amont très faible par rapport au volume du flot : à 83 km de l'embouchure, le débit normal ne représente guère plus de 10 % du volume du flot. A cet endroit, il est évalué en moyenne à 62 millions de mètres cubes.

6. - par un faible amortissement de l'onde marée, depuis l'embouchure jusqu'à 85 km, l'amplitude augmente même en moyenne de 25 %, reste pratiquement stationnaire sur un parcours de 25 à 30 km, pour diminuer ensuite graduellement vers l'amont.

A Gentbrugge, limite extrême du bassin maritime, l'amortissement de l'onde n'est que de 52 %, quand le débit supérieur est normal.

Dans le but d'étudier, bien sommairement hélas, le comportement de l'eau du fleuve à un endroit donné, nous avons choisi comme localité de prélèvement, la hauteur de Liefkenshoek, où l'existence d'un embarcadère devait faciliter le travail. Ce « lieu-dit » est situé un peu en amont de Doel, presque en face de Lillo. Nous y avons effectué des prélèvements mensuels, les distances et les moyens de communication, les heures des marées, ne nous permettant pas des visites plus fréquentes.

Les analyses d'eau de même que les prélèvements de microplancton ont eu lieu depuis le 1.X.1950 jusqu'au 4.X.1951, couvrant ainsi un cycle annuel complet. Nous avons essayé, le plus possible, d'effectuer les prélèvements à marée haute. Les recherches comprenaient les paramètres suivants : pH, chlorinité, alcalinité, oxygène dissous, nitrates, phosphates, silicates, calcium et magnésium.

Les résultats in extenso ont été publiés en 1958 dans les Bulletins de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique (L. VAN MEEL, 1958).

TABLEAU 19

Eau de l'Escaut à Liefkenshoek

Période de 1950 à 1951

 Résultats analytiques en milliéquivalents/litre
des ions principaux

Date	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
6.X	3,625	164,072	18,738	9,58	25,411
9.XI	3,762	201,466	21,59	10,678	41,365
7.XII	4,158	62,436	10,451	5,164	14,884
19.I	3,495	12,746	2,894	5,389	4,440
8.II	4,237	14,213	4,851	5,389	4,440
15.III	4,151	121,996	14,053	8,383	23,328
5.IV	3,743	6,852	1,936	5,189	3,207
8.V	3,743	50,225	8,723	6,387	11,677
14.VI	3,940	133,248	9,452	8,732	27,549
10.VII	3,832	190,101	5,475	10,379	38,486
2.VIII	3,929	313,028	4,351	13,772	59,457
12.IX	3,764	125,972	13,616	8,532	26,069
4.X	3,759	150,141	13,137	9,231	30,674

Afin de pouvoir procéder à la vérification de quelques détails dans nos observations, nous avons effectué une série complémentaire comportant une marée montante, haute, descendante et basse, le 5 août 1957 (TABLEAU 20).

La mesure du pH a été exécutée sur place, l'alcalinité par voie potentiométrique, les nitrates, nitrites et phosphates par colorimétrie, immédiatement après le prélèvement.

TABLEAU 20

Analyse de l'eau de l'Escaut à Liefkenshoek

Expérience du 5.VIII.1957

Marée Heure	Montante 8,24	Haute 11,12	Descendante 14,42	Basse 18,11
°C	20,75	20,75	21,25	21,9
pH	7,4	7,57	7,25	7,49
CO ₃ ⁻	3,585	3,386	3,381	3,632
Cl ⁻ g ‰	6,586	8,752	7,712	5,599
So ₄ ⁻	1,001	1,271	1,129	0,844
Ca ⁺⁺ g ‰	0,238	0,268	0,255	0,220
Mg ⁺⁺ g ‰	0,515	0,661	0,588	0,438
Na ⁺ g ‰	3,520	4,670	4,150	2,970
K ⁺ g ‰	0,155	0,224	0,181	0,149
NO ₃ mg ‰	9,250	7,425	8,050	9,150

NO ₂ ⁻ mg ‰	2,720	1,780	2,200	3,260
PO ₄ ⁻ mg ‰	0,382	0,275	0,340	0,340

Nous disposons encore de quelques résultats d'analyses effectuées durant une période de 1967 à 1968, notamment à la hauteur de Doel, à Terneuzen et Walsoorden (TABLEAU 21).

TABLEAU 21

Eau de l'Escaut à Doel

Période 1967-1968

	Moyenne annuelle	Maximum	Date	Minimum	Date
pH	—	7,5	—	7,2	—
Cl ⁻ g/l	3.906	8.090	12.XI	0,180	24.I
CO ₃ ⁻	3,97	4,90	28.III	3,7	29.VIII
SO ₄ ⁻ mg/l	779	1200	24.VIII	150	30.I
Ca ⁺⁺ mg/l	200,8	416	20.VI	92	7.III
Mg ⁺⁺ mg/l	272,8	535	27.VI	33,6	13.II
Na ⁺ mg/l	2410	5000	29.VIII	164	13.II
K ⁺ mg/l	95	200	29.VIII	16	13.II
SiO ₂ mg/l	8,63	13,2	5.XII	1,5	24.X
O ₂ mg/l	4,71	9,55	3.I	1,12	19.XII
O ₂ ‰ satur.	44,2	89,8	27.VI	9,5	19.XII

Les résultats obtenus à Liefkenshoek, au cours d'observations demi-horaires, durant 24 heures, le 5.VIII.1957, permettent plusieurs comparaisons en ce qui concerne alcalinité, pH, Ca et Mg.

TABLEAU 22

Marées	Heure	pH	Alcalinité	Ca mg litre	Mg mg litre
H	17,01	7,70	3,640	0,222	0,529
H	5,25	7,61	3,587 ± 3,6	0,226	0,542
B	11,45	7,45	4,058	0,143	0,201
B	0,08	7,41	3,894 ± 4,0	0,150	0,231
B	12,25	7,45	3,999	0,152	0,240

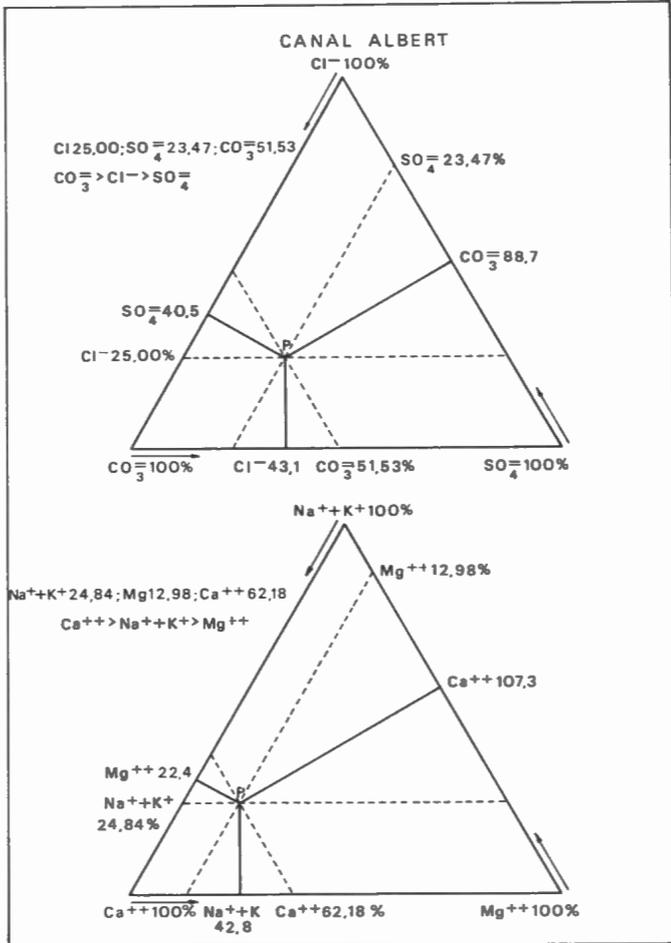


FIG. 5. — Diagramme de la composition ionique de l'eau du Canal Albert.

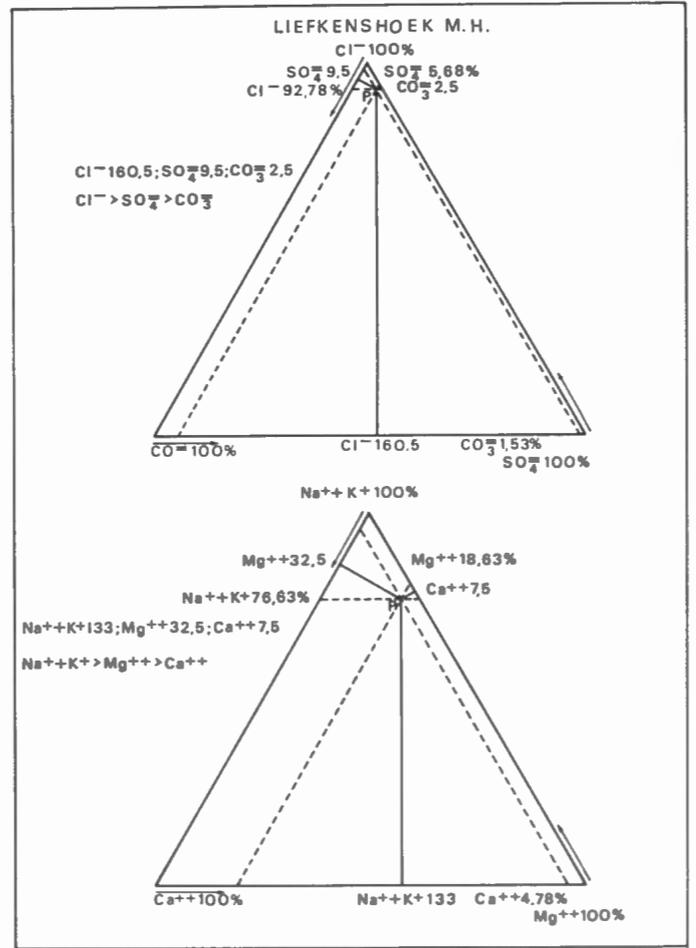


FIG. 7. — Diagramme de la composition ionique de l'eau de l'Escaut à Liefkenshoek. Marée haute.

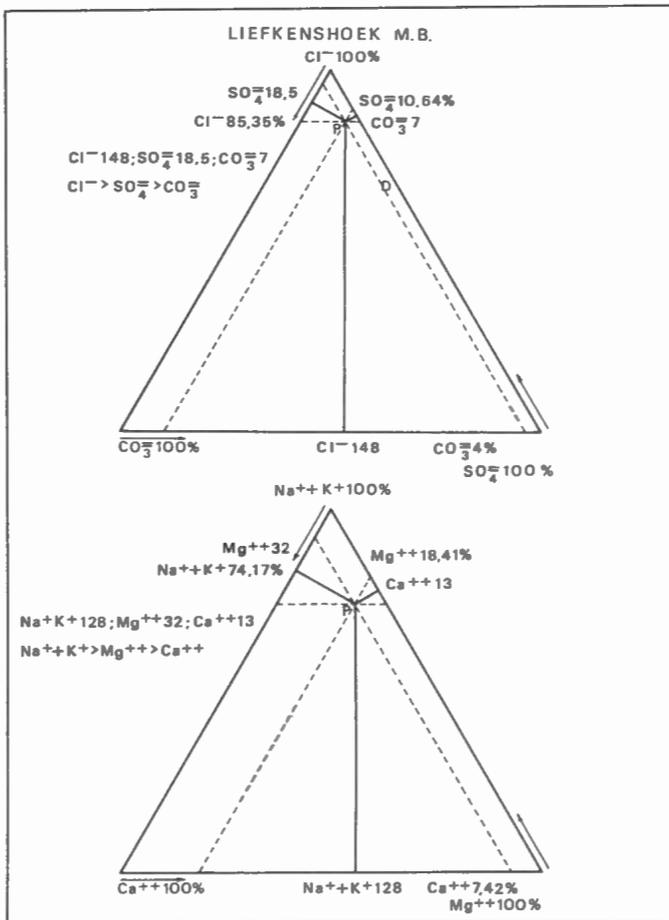


FIG. 8. — Diagramme de la composition ionique de l'eau de l'Escaut à Liefkenshoek. Marée basse.

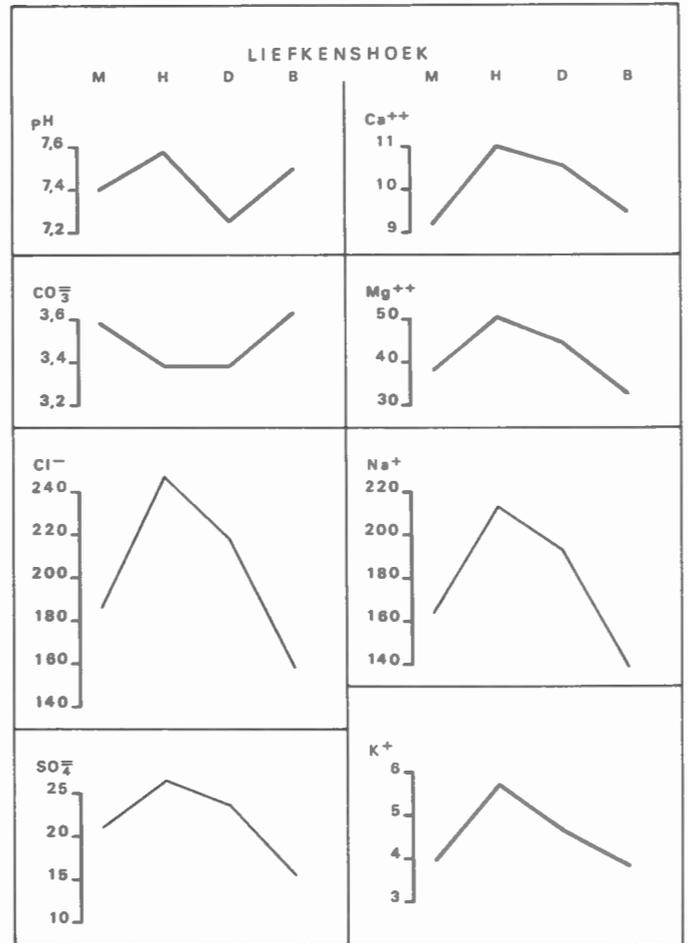


FIG. 9. — Analyse de l'eau de l'Escaut à Liefkenshoek (Doel. Résultats en milliéquivalents).

TABLEAU 23

Variations à plusieurs états de marée des divers ions en %
des milliéquivalents totaux.

Marée	Basse	Mi- mon- tante	Haute	Mi- descen- dante	Basse	Mi- mon- tante	Haute	Mi- descen- dante	11 h 25	Basse
CO ₃	4,50	3,08	1,56	1,79	3,78	3,14	1,50	1,76	2,93	3,74
SO ₄	11,44	9,99	5,75	6,46	10,47	10,01	5,61	6,26	9,16	10,02
Cl	84,05	86,92	92,68	91,73	85,76	86,84	92,89	91,98	87,91	86,24
Ca	7,91	6,34	4,74	5,01	7,26	6,39	4,71	4,97	6,21	7,10
Mg	18,32	18,64	18,64	18,59	18,43	18,26	18,63	18,62	18,45	18,47
Na	73,77	76,60	76,60	76,39	74,32	77,36	76,66	76,40	75,34	74,41

Le magnésium reste pratiquement constant, de même que les alcalins, le chlore ne variant que dans des limites assez étroites : 85,05 à 92,89 %. Le calcium au contraire varie de 4,74 à 7,91 %.

En ce qui concerne le rapport Ca/Cl, ses variations à marée haute ont été minimes, à marée basse elles sont un peu plus exprimées :

TABLEAU 24

	Ca g/l	Cl	Ca/Cl		Ca g/l	Cl	Ca/Cl
H	0,229	8,133	0,02815	B	0,143	2,687	0,05321
H	0,230	8,176	0,02813	B	0,158	3,647	0,04332
				B	0,150	3,137	0,04781
				B	0,152	3,267	0,04652

La comparaison du rapport Ca/Cl moyen à marée haute avec celui de l'eau de mer donne :

Rapport Ca/Cl eau de mer : 0,02393
Rapport Ca/Cl moyen marée haute : 0,02814
Quant au rapport Mg/Cl :

TABLEAU 25

	Mg g/l	Cl	Mg/Cl		Mg g/l	Cl	Mg/Cl
H	0,559	8,133	0,06873	B	0,201	2,687	0,07480
H	0,562	8,176	0,06873	B	0,264	3,647	0,07238
				B	0,231	3,137	0,07363
				B	0,240	3,267	0,07346

Les deux maxima 0,559 g/litre et 0,562 g/litre correspondent aux deux marées hautes et les minima 0,201-0,231, 0,240 et 0,264 aux quatre marées basses. La comparaison du rapport Mg/Cl moyen à marée haute, obtenu pour l'eau fluviale, au même facteur pour l'eau de mer donne le résultat suivant :

Rapport Mg/Cl eau de mer : 0,06895
Rapport Mg/Cl moyen marée haute : 0,06873
c'est-à-dire très voisins.
Il nous reste à comparer les rapports SO₄/Cl

TABLEAU 26

Rapport SO_4/Cl Année 1953.
Résultats mensuels

Mois	SO_4 mg/l	Cl g/l	Rapport SO_4/Cl
2-IV	183,7	0,6696	0,2743
4-V	396,0	0,578	0,6839
4-VI	69,3	0,39	0,1776
10-VII	146,2	0,7765	0,2114
3-VIII	128,78	0,7765	0,1658
7-IX	173,97	1,0814	0,1608
1-X	194,96	1,1541	0,1688
5-XI	179,58	2,0387	0,0880
5-XII	309,86	2,1336	0,1452

Au WEST-HINDER, en 1951, 1952 et 1953, le rapport SO_4/Cl s'élevait en moyenne respectivement à 0,1412, 0,1414 et 0,1418.

A Liefkenshoek, d'après l'état de la marée et les saisons, ce rapport a varié, en 1953, de 0,080 à 0,6839.

Au cours de l'expérience de 24 heures, le 5. VIII. 1957, nous avons enregistré :

TABLEAU 27

Rapports sulfates/chlore
à marée haute et à marée basse

Marées	Cl g ‰	SO_4 g ‰	Rapport SO_4/Cl
B	2,687	0,4957	0,184
B	3,137	0,5185	0,1652
B	3,267	0,514	0,1573
H	7,666	0,6448	0,0841
H	7,882	0,6448	0,0818

En ce qui concerne le rapport Ca/SO_4 ,

TABLEAU 28

Eau de l'Escaut à Liefkenshoek

Expérience de 24 heures
Calcium et sulfates à certains états de marée.
‰ de milliéquivalents

Marées	Ca ‰	SO_4 ‰	Rapport des ‰ SO_4/Ca
Basse	7,91	11,44	1,4
Mi-montante	6,34	9,99	1,5
Haute	4,74	5,75	1,2
Mi-descendante	5,01	6,46	1,2
Basse	7,26	10,47	1,4
Mi-montante	6,39	10,01	1,5
Haute	4,71	5,61	1,18
Mi-descendante	4,97	6,26	1,2
11 h 25	6,21	9,16	1,4
Basse	7,10	10,02	1,39

Au WEST-HINDER, le rapport pour l'eau de mer s'établit en partant des concentrations en g/litre (1951-1955)

$$0,4523 : 2,672 = 0,169$$

A Liefkenshoek-Doel, le même rapport établi dans les mêmes conditions devient

$$\begin{aligned} \text{Marée haute (moyenne)} & 0,224 : 0,648 = 0,345 \\ \text{Marée basse (moyenne)} & 0,145 : 0,4957 = 0,029 \end{aligned}$$

En 1958, nous avons essayé un rapport de travail basé sur le calcul du rapport SO_4/Ca entre ‰ des milliéquivalents. Il vient alors :

$$\text{au WEST-HINDER } \text{SO}_4/\text{Ca} \quad 9,37 : 3,94 = 2,35$$

à Liefkenshoek-Doel :

$$\begin{aligned} \text{Marée haute} & 5,75 : 4,74 = 1,2 & 1,14 \\ \text{Marée haute} & 5,61 : 4,71 = 1,18 & \\ \text{Marée basse} & 11,44 : 7,91 = 1,4 & 1,4 \\ \text{Marée basse} & 10,47 : 7,26 = 1,4 & \end{aligned}$$

Notre but était de nous faire une idée au sujet d'une précipitation possible de sulfate de calcium avec sulfato-réduction subséquente.

Toutefois, les balances ioniques que nous avons établies pour cet endroit, permettent le calcul de la composition probable des sels dissous et, comme les alcalins ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) ont été réellement dosés et non calculés par différence, les balances se trouvent en parfait équilibre entre anions et cations.

Par exemple : les valeurs obtenues en milliéquivalents pour une marée haute et une marée basse au cours du cycle de 24 heures à Liefkenshoek.

M.H.	Cl	216,18	SO_4	13,42	Ca	11,07
	Na + K	178,67	Mg	43,50	CO_3	3,64
	Cl excès	37,51	Mg excès	30,08	Ca excès	7,43

$$\begin{aligned} \text{L'excès de Mg lié alors à Cl : Cl } & 37,5 \\ & \text{Mg } 30,08 \end{aligned}$$

Il vient encore un excès de Cl : 7,42 à lier avec l'excès de Ca : 7,43.

Ce qui tendrait à prouver que s'il devait exister du CaSO_4 en solution, ce ne pourrait jamais être qu'à l'état de traces.

M.B.	Cl	75,77	SO_4	10,32	Ca	7,13
	Na + K	66,49	Mg	16,52	CO_3	4,05
	Cl excès	9,28	Mg excès	6,20	Ca excès	3,08

$$\begin{aligned} \text{L'excès de Mg lié alors à Cl : Cl } & 9,28 \\ & \text{Mg } 6,20 \end{aligned}$$

Nous trouvons finalement un excès de Cl 3,08 à lier à l'excès de Ca : 3,08.

Ces calculs tendraient ainsi à montrer le peu de probabilité d'existence de sulfate de calcium dissous.

En 1973, P. HERMAN et J. BOUQUIAUX ont publié des résultats d'analyses effectuées sur un trajet de Wette-ren à Doel. Elles renferment la détermination des sulfa-

tes. Nous remarquons que ces derniers ont une tendance à diminuer vers l'estuaire, à marée basse. En effet, on a mesuré 285 mg à Wetteren et 118 mg/litre à Doel.

TABLEAU 29

	mg/litre	még.	
Wetteren	285	5,934	marée basse
	309	6,433	marée haute
Dendermonde	266	5,538	
Temse	164	3,414	marée basse
	253	5,267	marée haute
Hoboken	280	5,830	marée basse
	300	6,246	marée haute
Doel	774	16,115	marée haute
	118	2,457	marée basse

Nous avons mesuré en cette dernière localité respectivement : 13,42 et 10,32 milliéquivalents.

TABLEAU 30

Analyse de l'eau de l'Escaut à Liefkenshoek

Résultats en milliéquivalents

Marée Heure	Montante 8,24	Haute 11,12	Descendante 14,42	Basse 18,11
CO ₃	3,58	3,38	3,38	3,63
SO ₄	20,84	26,46	23,51	15,57
Cl	185,75	246,83	217,50	157,90
Ca	9,20	11,03	10,56	9,44
Mg	37,92	50,55	44,63	32,48
Na	163,43	216,44	192,59	138,95
K	3,97	5,72	4,63	3,81

Le résultat principal obtenu au cours de cette expérience a été l'établissement de quatre balances ioniques exactes permettant la comparaison avec celles obtenues au WEST-HINDER (L. VAN MEEL, 1957).

A Liefkenshoek, la proportion entre les divers ions est presque analogue à celle obtenue en eau de mer et cela pour les quatre marées examinées. Malgré la dilution opérée par les eaux d'amont, les relations entre ions fondamentaux demeurent ainsi presque invariables.

Le diagramme triangulaire indique lui aussi, une affinité très grande entre l'eau fluviale à Doel et l'eau de la Mer du Nord, en ce qui concerne le rapport entre ions. Les diagrammes (Figures 2 à 6), ont été établis au moyen des balances ioniques (tableau p. 10 de notre publication de 1958, se rapportant à la situation en 1951).

Des résultats obtenus on peut déjà essayer de tirer quelques considérations générales sur les caractères de l'eau.

1. - Matières en suspension.

L'eau fluviale est généralement d'une teinte grisâtre et ne présente guère de transparence très élevée. La

quantité de matières en suspension charriée est considérable. D'après diverses mesures, celles-ci varient beaucoup d'après les endroits, l'état de la marée et les périodes de courants forts. La quantité peut varier d'une centaine de milligrammes à plusieurs grammes au litre et se compose d'environ 25 % de matière organique.

Mesurée par l'ancienne méthode de SNELLEN, la turbidité se révèle très élevée et les valeurs obtenues demeurent en bas de l'échelle : le maximum obtenu a été de 16,5 cm en octobre et le minimum 4,25 cm de transparence en mars 1951. Ce qui montre bien que les quantités de matières minérales en suspension et les matières colloïdales sont importantes.

Signalons à ce sujet qu'en 1926 C. VAN MIERLO dans son étude sur le mécanisme des alluvions, par des mesures faites à la hauteur de Liefkenshoek a été amené à établir quelques chiffres : « si l'on veut se faire une idée, in globo, de ce que les eaux de l'Escaut contiennent de matières solides, on peut dire qu'il y a à peu près un décigramme d'alluvions par litre, exactement 104 g par mètre cube. A la frontière hollandaise il passe, en effet, environ 140.000.000 de mètres cubes d'eau de sorte que le débit solide amené par une marée serait de 14.500 tonnes correspondant à plus de 9.000 mètres cubes, bien entendu, cette quantité diminue à mesure qu'on va vers l'amont. En réalité, dans les conditions que nous venons de définir, il passe environ 36.000 mètres cubes de sables et de vases par jour dans une section voisine de la frontière hollando-belge ».

L'auteur fait remarquer en outre qu'il est probable que, sur le fond, il y a encore beaucoup plus de 200 g par mètre cube.

Le 27.IX.1966, nous avons effectué au cours d'une marée montante, des essais de filtration au moyen de soie à bluter n° 25. On a filtré 100 litres d'eau brute afin de déterminer la quantité de matières en suspension, non compris les colloïdes. Les chiffres obtenus comportant inévitablement les éléments du zoo- et du phytoplancton.

TABLEAU 31

Matières en suspension en gr par 100 litres d'eau

Marée	Heure	Matière sèche g par 100 l d'eau	Matière minérale g par 100 l d'eau	Matière minérale en % de la matière sèche
Basse	9,35	0,1376	0,088	63,95
	10,05	0,1288	0,086	67,08
	10,35	0,1604	0,108	67,33
	11,05	0,5062	0,375	74,04
	11,35	0,3948	0,285	72,18
	12,05	0,8252	0,618	74,96
	12,35	0,4582	0,360	78,65
	13,05	0,4464	0,349	78,24
	13,35	0,9972	0,785	78,74
	14,05	0,8228	0,573	69,66
Haute	14,35	0,927	0,730	78,74
	15,05	0,378	0,289	76,4

La matière minérale obtenue à 12 h 05 fut traitée par HCl 1:1 et donna une perte de 0,36 g par gramme, correspondant à une teneur en CO₃ de 36 %.

La thèse de C. DE PAUW (1974-1975), travail basé sur des mesures effectuées en 1968, soit 42 ans après la publication de C. VAN MIERLO et 2 ans après nos propres mesures à Doel, renseigne les détails suivants.

La quantité de matières en suspension augmente progressivement depuis l'embouchure (environ 50 mg/litre en moyenne) vers la zone Anvers-Schelle où un maximum est atteint (en moyenne 30 mg/litre). (Influence de l'eau du Rupel). En amont de Temse, les valeurs diminuent légèrement.

Les plus hautes valeurs ont été trouvées dans l'eau de surface près d'Anvers, 1.076 mg/l en 1969 et 630 mg/l en 1968. Les valeurs les plus basses à la bouée 9: 10,4 mg/l en 1967, près du Fort de Parel 2 mg/l en 1969, près

de Vlissingen 9 mg/l en 1969, près de Sloehaven 14 mg/l en 1968.

D'après S. WARTEL (1973), les matières en suspension à la hauteur de Hoboken, en amont d'Anvers, à 6 m en dessous de la surface: entre 100 et 250 mg/l et à 50 cm au-dessus du fond, entre 300 et 1.000 mg/l.

La transparence de l'eau à Breskens a toujours été inférieure (C. DE PAUW) à celle de Vlissingen, le contraire se produit pour les matières en suspension.

L'auteur explique ce phénomène par le fait que le flot entre dans l'estuaire d'abord par le côté sud, donc près de Breskens. L'eau entrante est riche en matières en suspension par l'érosion d'un banc argileux du pléistocène situé devant la côte belge. La profondeur à Breskens est aussi moins forte qu'à Vlissingen, ce qui peut provoquer une augmentation de la turbulence.

TABLEAU 32

Eau de l'Escaut. Matières en suspension en mg/l.
Eaux de surface (N. DE PAUW, 1974-1975).

Stations	Km	1967		1968		1969	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Breskens	2	15	288	28	296	11	172
Vlissingen	2	24	303	17	96	9	160
Sloehaven	5	17	82	14	92	17	124
Borsele (Boei 13)	10	10	191	20	104	18	146
Terneuzen	20	14	185	24	78	12	112
Baarland (Boei MG-E)	27	30	253	21	142	23	181
Hansweert	36	26	311	26	119	14	153
Baalhoek (Boei 60)	46	19	249	20	224	20	170
Bath	52	35	249	26	380	20	303
Zandvliet (Boei 87)	57	18	220	41	444	16	521
Doel	61	—	—	43	230	10	389
Schijn	64	—	—	19	250	5	594
Fort Parel	67	—	—	13	248	2	238
Draai-Sluis	73	—	—	67	246	9	540
Antwerpen (Loodswezen)	78	—	—	26	630	20	1076
Hoboken	86	—	—	50	270	38	457
Schelle (Rupelmonde)	91	—	—	30	203	136	738
Temse	98	—	—	38	311	65	510
St-Amands	109	—	—	6	296	48	473
Dendermonde	122	—	—	27	331	43	192
Schoonaarde	133	—	—	33	129	49	144
Wetteren	143	—	—	13	309	15	154
Gent	160	—	—	17	537	38	97

Quant à la transparence, les chiffres que nous avons obtenus à Liefkenshoek sont difficilement comparables à ceux de C. DE PAUW, les nôtres ayant été obtenus au moyen de l'appareil de SNELLEN, les autres au moyen de la plaque de SECCHI. C. DE PAUW (TABLEAU 34) a noté un gradient longitudinal très apparent, malgré que la transparence soit influencée par le moment de la marée et son amplitude. Comme valeurs extrêmes, il a

noté 190 et 3 cm. La transparence la plus élevée a été observée dans l'estuaire proprement dit, Vlissingen et Sloehaven (maxima 190 cm, en moyenne 70 et 90 cm). De là vers l'amont, la transparence diminue graduellement pour devenir minimale à la hauteur du confluent du Rupel où elle ne comporte plus que de 10 à 20 cm. En amont de St-Amands, la transparence est en moyenne de 20 cm environ.

DE BELGIQUE. — APPROCHES, PROGRÈS, PERSPECTIVES

TABLEAU 33

Matières en suspension en mg/l dans les eaux de surface de l'Escaut au cours de différentes marées

(d'après N. DE PAUW, 1974-1975)

Bath. Bouée 73-75			Gat. v. Ossensise GVO 5-7 17.04.68			Bouée Zandvliet 89 A 9.10.68			Bouée Zandvliet 89 A 6.11.68		
H.	M. S.	Mar.	H.	M. S.	Mar.	H.	M. S.	Mar.	H.	M. S.	Mar.
08.40	46	MB	06.10	144	MH	13.30	210	Flot	12.30	26	Flot
09.45	48	Flot	07.00	214	Jus.	14.30	218	Flot	13.30	195	Flot
10.45	27	Flot	08.00	251	Jus.	15.15	143	Flot	14.30	86	Flot
11.45	92	Flot	09.00	203	Jus.	16.40	105	Flot	15.30	52	Flot
12.45	27	Flot	10.00	160	Jus.	17.30	80	MH	16.30	67	MH
14.00	42	MH	11.00	137	Jus.						
15.00	30	Jus.	12.00	153	Jus.						
16.00	16	Jus.	13.05	157	MB						
17.00	19	Jus.	14.00	119	Flot						
18.00	103	Jus.	15.00	340	Flot						
19.00	59	Jus.	16.00	145	Flot						
			17.00	354	Flot						
			18.20	242	MH						

H = Heure; M.S. = Matières en suspension; Mar. = Etat de la marée; MH = Marée haute; MB = Marée basse; Jus = Jusant.

TABLEAU 34

Eau de l'Escaut. Transparence (suivant SECCHI) en cm.

(d'après C. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	1967			1968		1969	
	KM	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Breskens	2	40	150	25	65	20	140
Vlissingen	2	45	160	30	150	30	150
Sloehaven	5	50	190	50	140	30	145
Borsele (Boei 13)	10	40	170	40	90	25	105
Terneuzen	20	40	120	35	80	25	85
Baarland (Boei MG-E)	27	35	80	25	80	20	80
Hansweert	36	40	80	25	60	18	100
Baalhoek (Boei 60)	46	30	65	20	70	15	75
Bath	52	25	50	10	50	10	70
Zandvleit (Boei 87)	57	20	60	10	50	5	40
Doel	61	—	—	20	30	5	40
Schijn	64	—	—	20	40	10	40
Fort Parel	67	20	35	20	40	10	50
Draai-Sluis	73	—	—	15	15	5	50
Antwerpen (Loodswezen)	78	10	50	5	60	3	35
Hoboken	86	10	40	10	45	5	40
Schelle (Rupelmonde)	91	10	35	5	50	3	25
Temse	98	15	80	7	40	3	30
St-Amands	109	12	45	5	75	3	40
Dendermonde	122	15	40	10	35	5	45
Schoonaarde	133	15	38	10	40	5	25
Wetteren	145	15	35	5	45	5	30
Gent	160	20	30	10	30	3	35

Près des écluses de Gentbrugge on a même obtenu zéro, comme résultat de fermentations anaérobies conférant à l'eau une teinte foncée.

C. DE PAUW s'est encore efforcé de mesurer des variations de transparence à plusieurs endroits au cours d'une marée (TABLEAU 35).

TABLEAU 35
Variations de la transparence durant une marée
(d'après C. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	Date	
Temse	7.03.67	H 09.30 10.30 11.30 12.30 13.30 14.30 M Flot— T 25 40 40 40 40 40
Antwerpen	23.03.67	H. 08.45 09.45 10.45 11.45 12.45 13.45 M MB—Flot—MH T 20 20 20 20 20 30
Bath Bouée 73-75	12.03.68	H. 08.40 09.45 10.45 11.45 12.45 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 M MB—Flot—MH—Jusant— T 8 25 25 20 30
Gat van Ossensisse (Bouée G.V.O.5-7)	17.04.68	H 06.10 07.00 08.00 09.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.20 M MH—Jusant—MB—Flot—MH— T 30 20 15 20 30 40 40 50 50 60 30 10-15 20
Hoboken	2.05.68	H 06.00 07.00 08.00 09.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 M MH—Jusant—MB—Flot—MH T 20-25 25 20 15-20 15-20 15-20 10-15 17 15 15-20 20-25 20-25 25 30-35
Antwerpen (Loodswezen)	2.05.68	H 06.00 07.00 08.00 09.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 M Flot—MH—Jusant—MB—Flot— T 10 15 20 20 15 10 10 10 25 10 20 10 4 5
Kruisschans	2.05.68	H 06.00 07.00 08.00 09.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 M Jusant—MB—Flot— T 20 10 25 15 30 5 25 3 20 20 15 25 20 10
Zandvliet Bouée 89A)	6.11.68	H 12.30 13.30 14.30 15.30 16.30 M Flot—MH T 30 20 25 27 30
Oosterweel	1.09.69	H 10.30 11.45 12.30 13.30 14.30 15.30 16.30 17.45 18.30 19.30 20.30 M Jusant—MB—Flot—MH— T 5 7 10 20 40 30 20 10 5 30
Zandvliet (Bouée 89-89A)	2.09.69	H 09.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 20.00 20.15 M Jusant—MB—Flot—MH— T 30 30 15 10 20 25 25 15 10 20 20 20
Schijn	3.09.69	H 08.30 09.30 10.30 11.30 12.30 13.30 14.30 15.30 16.30 17.30 18.30 19.30 20.00 M MH—Jusant—MB—Flot— T 15 20 20 15 15 20 25 30 15 20 15 15 20
Zandvliet (Bouée 83.76)	4.09.69	H 09.30 10.30 11.30 12.30 13.30 14.30 15.30 16.30 17.30 18.30 19.30 M Jusant—MB—Flot— T 25 25 25 20 13 18 18 22 10 12 15
Bath (Bouée 75-75A)	4.09.69	H 09.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 19.50 M MH—Jusant—MB—Flot— T 60 60 50 30 20 20 25 25 25 25 30 35
Baalhoek	4.09.69	H 09.30 10.30 11.30 12.30 13.30 14.30 15.30 16.30 17.30 18.30 19.30 M Jusant—MB—Flot— T 60 60 55 40 35 25 25 30 35 30 40
Doel	5.09.69	H 08.30 09.30 10.30 11.30 12.30 13.30 14.30 15.30 16.30 17.30 18.30 19.30 M MH—Jusant—MB—Flot— T 15 20 15 23 24 15 23 20 25 30 20 27

TABLEAU 36

Matières en suspension en mg/l en fonction de la marée

Bath Bouée 73-75 12.III.69			Gat van Ossenisse Bouée GVO 5-7 17.IV.1968			Zandvliet Bouée 89-89A 9.X.1968			Zandvliet Bouée 89-89A 6.XI.1968		
M	H	Mat.s.	M	H	Mat.s.	M	H	Mat.s.	M	H	Mat.s.
MB	8.40	46	MH	6.00	144	Fl	13.30	210	Fl	12.30	26
Fl	9.45	48	Jus.	7.00	214		14.30	218		13.30	195
	10.45	27		8.00	251		15.15	143		14.30	86
	11.45	92		9.00	203		16.40	105		15.30	52
	12.45	27		10.00	160	MH	17.30	80	MH	16.30	67
MH	14.00	42		11.00	137						
Jus.	15.00	30		12.00	153						
	16.00	16	MB	13.05	157						
	17.00	19	Fl	14.00	119						
	18.00	103		15.00	340						
	19.00	59		16.00	145						
				17.00	354						
			MH	18.20	242						

M : marée; H : Heure; Mat.s. : matières en suspension; MB : marée basse; MH : marée haute; Fl : flot; jus. : jusant.

Toujours d'après C. DE PAUW (1974-1975), durant l'étales de marée il se produit un phénomène de sédimentation très légère de la matière en suspension de sorte que la transparence de l'eau augmente à la surface. Lorsque, au contraire, la vitesse du courant est maximum, généralement deux heures avant marée haute ou marée basse, la quantité de matières en suspension est maxima et la transparence au minimum, sous l'effet de la turbulence accrue.

Si nous nous rapportons à la seule série de mesures que nous avons eu l'occasion d'exécuter à Doel (TABLEAU 31), nous voyons qu'en effet, à 13 h 35, soit 1 h 30 avant la marée haute, le maximum de la matière sèche en suspension s'est présenté avec 0,9972 g, pour diminuer rapidement à 0,378 g/100 litres à marée haute à 15 h 05.

2. - Chlorinité.

Les mesures mensuelles exécutées au cours d'un cycle annuel ne nous permettent pas de définir exactement la chlorinité de l'eau de l'Escaut. Les valeurs cherchées ne pouvaient avoir d'autre but que de fixer nos analyses et nos récoltes dans un cadre complet dressé par un autre service. C'est ainsi que R.E.L. CODDE (1951) a publié une première étude sur la chlorinité. Nous lui empruntons quelques considérations.

L'auteur considère le cas où plusieurs échantillons sont prélevés simultanément dans un même profil transversal et suppose que les prises aient eu lieu en rade d'Anvers.

On constate que la chlorinité est pratiquement la même dans toute l'étendue du profil; pas de stratifications, ni trace de courant laminaire d'eau salée, se déplaçant sous forme de coin, sous une couche d'eau douce,

comme on le constate dans certaines rivières maritimes à grand débit, mais une masse pratiquement homogène.

L'explication doit être cherchée dans le brassage des eaux, qu'on observe dans le tronçon aval de l'Escaut, qui est encore plus ou moins à l'état divagant, et dans la turbulence des eaux occasionnée par les couches profondes du lit, en aval d'Anvers.

A mesure que le flot s'accroît, les eaux passant devant Anvers deviennent de plus en plus salées. La courbe de chlorinité présente une allure sinusoïdale, analogue à celle de la courbe locale des hauteurs d'eau, le maximum et le minimum se présentant respectivement au moment des étales de flot et de jusant. Plus la marée est forte et plus grand est le maximum de la chlorinité. Pour Anvers, on peut admettre qu'une augmentation d'un mètre du niveau de la marée haute, provoque une augmentation du maximum de la chlorinité de 1 à 1,5 g de NaCl par litre.

Depuis 1949, des échantillons de l'eau sont prélevés devant la ville, vers le moment des étales de la marée diurne et analysés systématiquement.

Pour 1949, les valeurs extrêmes des moyennes décennales des maxima et minima augmentent continuellement, avec quelques fluctuations, depuis le commencement de l'année jusqu'au mois d'août, présentant alors un palier, pour diminuer ensuite rapidement à partir de la mi-octobre. On remarque que la branche montante est beaucoup plus longue que la branche descendante : pour porter la chlorinité de 5 à 10 g, il a fallu 8 décades; un mois a suffi pour ramener la chlorinité de 10 à 5 g. La valeur moyenne, ainsi que l'amplitude de l'onde de chlorinité, varient parallèlement à celles des valeurs extrêmes. Près de la ville, en 1949, la chlorinité maximum a été de 16,2 g NaCl par litre (correspondant à 9,81 g

Cl par litre), le 24 septembre à l'étale de flot, tandis que le minimum a été observé le 13 janvier à l'étale de jusant, avec 0,24 g de NaCl par litre (correspondant à 0,145 g Cl ‰). L'amplitude maximum était de 10,08 g NaCl par litre, lors de la marée du 27 octobre 1949; le minimum de 1 g par litre, le 10 janvier 1949. Les moyennes décennales des cinq premiers mois de 1950 sont inférieures à celles de 1949. En février et mars, ces courbes présentent une inflexion; la moyenne des maxima tombe pour les deux premières décades, de février, de 4 g à 0,9 g. Cette chute est en corrélation avec la grande pluviosité de mi-février. R.E.L. CODDE tire une première conclusion de ses observations : « que la chlorinité des eaux de l'Escaut semble donc fort sensible à l'importance du débit d'amont, ou, en d'autres termes, que ces deux variables présentent une affinité fonctionnelle indéniable ».

Parallèlement à la détermination de la chlorinité des échantillons pris devant la ville, une étude systématique a été entamée, pour connaître la variation et l'amplitude de la chlorinité, tout le long du trajet maritime pendant l'évolution entière d'une onde marée. Une dizaine de marées ont été ainsi étudiées en 1949 et depuis 1950, les

échantillons sont prélevés une fois par semaine, dans une bonne vingtaine de postes du bassin maritime scaldisien. Dans la partie aval, de 40 à 50 km de longueur, la variation de la chlorinité est lente; la diminution est beaucoup plus rapide dans le tronçon suivant, qui s'étend jusque 50 à 60 kilomètres. Enfin, dans la partie supérieure du bassin maritime, la chlorinité à l'étale de jusant est identique à celle des eaux supérieures. Cette dernière zone a une longueur variable avec la saison et peut varier entre 40 et 65 kilomètres.

Pour la marée du 4 août 1949, les valeurs extrêmes étaient de 11,7 et 6,5 g; l'amplitude maximum se présente au droit de la ville. Pour la marée du 13 janvier 1950, l'amplitude est maximum au droit de Liefkenshoek, les valeurs maxima devant la ville même n'atteignent que 4,58 et 0,78. Ce mélange était ici pour la marée du 4 août 1949 : de 39 ‰ d'eau de mer à l'étale du flot et de 22 ‰ à l'étale de jusant.

Pour la marée du 10 janvier 1950, par contre, les proportions étaient respectivement de 16 ‰ et de 2,6 ‰.

C. DE PAUW a effectué des dosages au cours des années 1967, 1968 et 1969.

Le tableau 37 groupe les minima et maxima.

TABLEAU 37

Eau de l'Escaut, Chlorinité Cl g/l
(d'après C. DE PAUW)

	Km	1967		1968		1969	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Breskens	2	13,70	18,30	13,37	16,55	13,95	16,50
Vlissingen	2	13,41	17,50	15,14	16,85	13,50	16,79
Sloehaven	5	12,70	17,22	12,54	16,16	13,15	15,88
Borsele (Boei 13)	10	11,59	16,90	11,11	16,09	12,50	15,76
Terneuzen	20	10,40	15,60	9,31	14,61	11,00	14,40
Baarland (Boei MG-E)	27	11,25	16,00	8,49	14,42	10,00	14,07
Hansweert	36	6,41	13,48	6,87	12,54	7,80	11,63
Baalhoek (Boei 60)	46	2,38	12,20	3,06	10,00	4,68	10,96
Bath	52	0,831	10,76	1,63	9,22	1,97	8,56
Zandvliet (Boei 87)	57	0,252	9,22	0,602	7,33	1,51	7,24
Doel	61	—	—	—	—	0,848	5,49
Schijn	64	0,215	7,02	0,207	5,30	0,608	4,05
Port Parel	67	0,080	5,31	0,133	4,93	0,438	4,00
Draai-Sluis	73	—	—	0,150	2,27	0,217	3,18
Antwerpen (Loodswezen)	78	0,070	4,40	0,097	2,04	0,140	2,49
Hoboken	86	0,184	1,14	0,091	0,912	0,081	1,32
Schelle (Rupelmonde)	91	0,119	0,744	0,078	0,571	0,089	0,503
Temse	98	0,092	0,255	0,078	0,285	0,055	0,229
St-Amands	109	0,067	0,110	0,042	0,245	0,057	0,141
Dendermonde	122	0,064	0,166	0,060	0,102	0,063	0,116
Schoonaarde	133	0,055	0,105	0,049	0,101	0,065	0,133
Wetteren	145	0,042	0,166	0,041	0,096	0,065	0,124
Gent	160	0,055	0,110	0,050	0,137	0,072	0,452

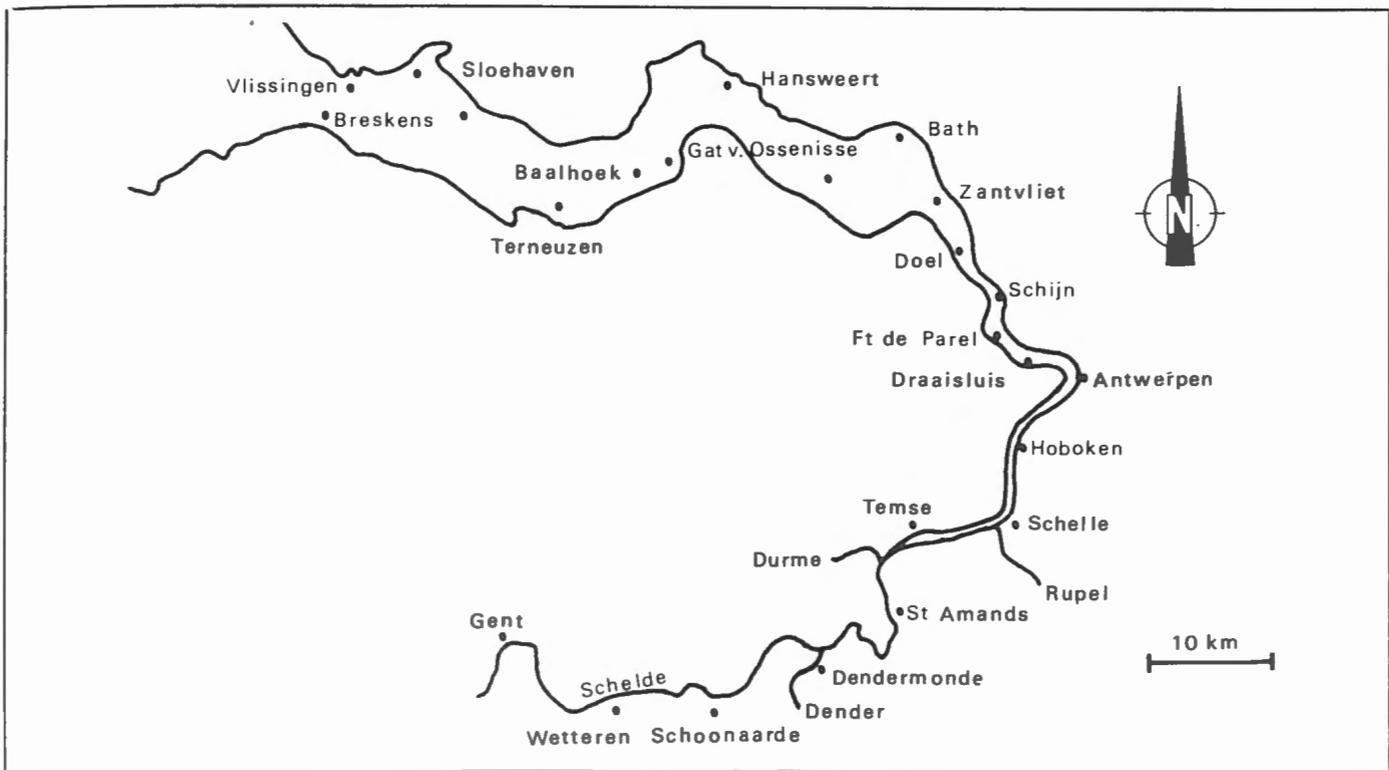


FIG. 10. — Cours du Bas-Escaut. Stations tenues par C. DE PAUW en 1968.

TABLEAU 38

Valeurs extrêmes de la chlorinité (Cl g/l) en 1967-1968-1969

(d'après N. DE PAUW, 1974-1975)

Station	Km	Cl g/l		Classe correspondante Système Venise	
		Max.	Min.	Max.	Min.
Breskens	2	18,30	13,37	e	p
Vliissingen	2	17,50	13,14	e	p
Sloehaven	5	17,22	12,54	e	p
Borsele (Boei 13)	10	16,90	11,11	e	p
Terneuzen	20	15,60	9,31	p	a
Baarland (Boei MG-E)	27	16,00	8,49	p	a
Hansweert	36	13,48	6,41	p	a
Baalhoek (Boei 60)	46	12,20	2,38	p	o
Bath	52	10,76	0,83	p	o
Zandvliet (Boei 87)	57	9,22	0,25	a	l
Doel	61	6,64	0,21	a	l
Schijn	64	7,02	0,20	a	l
Fort Farel	67	5,31	0,080	b	l
Draai-Sluis	73	3,18	0,077	b	l
Antwerpen (Loodswezen)	78	4,40	0,070	b	l
Hoboken	86	1,32	0,081	o	l
Schelle (Rupelmonde)	91	0,74	0,089	o	l
Temse	98	0,571	0,055	o	l
St-Amands	109	0,285	0,018	l	l
Dendermonde	122	0,280	0,042	l	l
Schoonaarde	133	0,280	0,055	l	l
Wetteren	145	0,268	0,042	l	l
Gent	160	0,453	0,050	o	l

e = euhaline (16,5 g/l)
 p = polyhaline (16,5 - 10,0 g/l)
 a = a-mésosaline (10,0 à 5,5 g/l)
 b = b-mésosaline (5,5 - 3,0 g/l)
 o = oligohaline (3,0 - 0,3 g/l)
 l = limnétique (0,3 g/l)

TABLEAU 39

Variations de la chlorinité au cours d'une marée Cl g/l (surface)
(d'après N. De Pauw, 1974-1975)

Station	Date	Chlorinité Etale de marée		Différence marée haute - marée basse
		basse	haute	
Breskens (port)	21.02.67	10,92	7,27	2,91
Terneuzen (port)	28.02.67	5,31	7,27	2,04
Temse	7.03.67	0,057	0,082	0,025
Antwerpen	23.03.67	0,095	0,207	0,112
Bath (Boei 73-75)	12.03.68	1,50	5,40	3,90
Zandvliet (Boei 87)	12.03.68	1,00	3,50	2,50
Gat. v. Ossensisse (Boei 5-7)	17.04.68	11,70	14,80	3,10
Vlissingen	2.05.68	12,95	14,63	1,68
Breskens	2.05.68	13,19	14,12	0,93
Terneuzen	2.05.68	11,42	12,71	1,29
Kruiningen	2.05.68	8,57	11,35	2,78
Perkpolder	2.05.68	8,13	11,07	2,94
Bath	2.05.68	4,53	7,44	2,91
Hedwigpolder (Zandvliet)	2.05.68	3,86	6,42	2,56
Doel	2.05.68	2,63	5,09	2,46
Kruisschans	2.05.68	1,82	3,76	1,94
Fort Ste-Marie	2.05.68	1,16	3,23	2,07
Antwerpen	2.05.68	0,53	2,21	1,68
Hoboken	2.05.68	0,29	1,12	0,83
Rupelmonde	2.05.68	0,16	0,56	0,40
Zandvliet (Boei 89A)	9.10.68	2,66	4,86	2,20
Zandvliet (Boei 89A)	6.11.68	2,65	3,82	1,17
Oosterweel	1.09.69	0,20	2,16	1,96
Zandvliet (Boei 89-89A)	2.09.69	2,83	5,62	2,79
Schijn	3.09.69	1,46	4,15	2,69
Zandvliet (Boei 76-83)	4.09.69	3,14	5,77	2,63
Bath (Boei 75-75A)	4.09.69	4,76	8,50	3,74
Baalhoek (Boei 60)	4.09.69	5,97	9,42	3,45
Doel (Boei 93)	5.09.60	2,12	4,45	2,33

3. - Oxygène.

A l'époque où nous avons entrepris nos recherches à Liefkenshoek, nous étions très mal renseignés au sujet de l'oxygénation de l'eau du fleuve. Nous n'avons d'ailleurs réussi à faire que 13 déterminations du 6.X.1950 à 4.X.1951, à raison d'une détermination par mois. Ajoutons une expérience de 24 heures (L. VAN MEEL, 1958).

Dans le premier cas, nous avons des ‰ de la saturation de 39,11 à 79,03 ‰. Au cours de deux marées le 3-4.X.1951, la situation était la suivante :

Marée basse : 29,2 ‰

Marée haute : 76,1 ‰

Marée basse : 29,3 ‰

Marée haute : 71,6 ‰

Marée basse : 19,0 ‰

En ce qui concerne les variations de l'oxygène le long du cours depuis Breskens jusque Gent, il faut nous reporter à la thèse de C. DE PAUW (1974-1975) qui a eu l'occasion d'effectuer des mesures régulières en 1967, 1968, 1969 (TABLEAU 40).

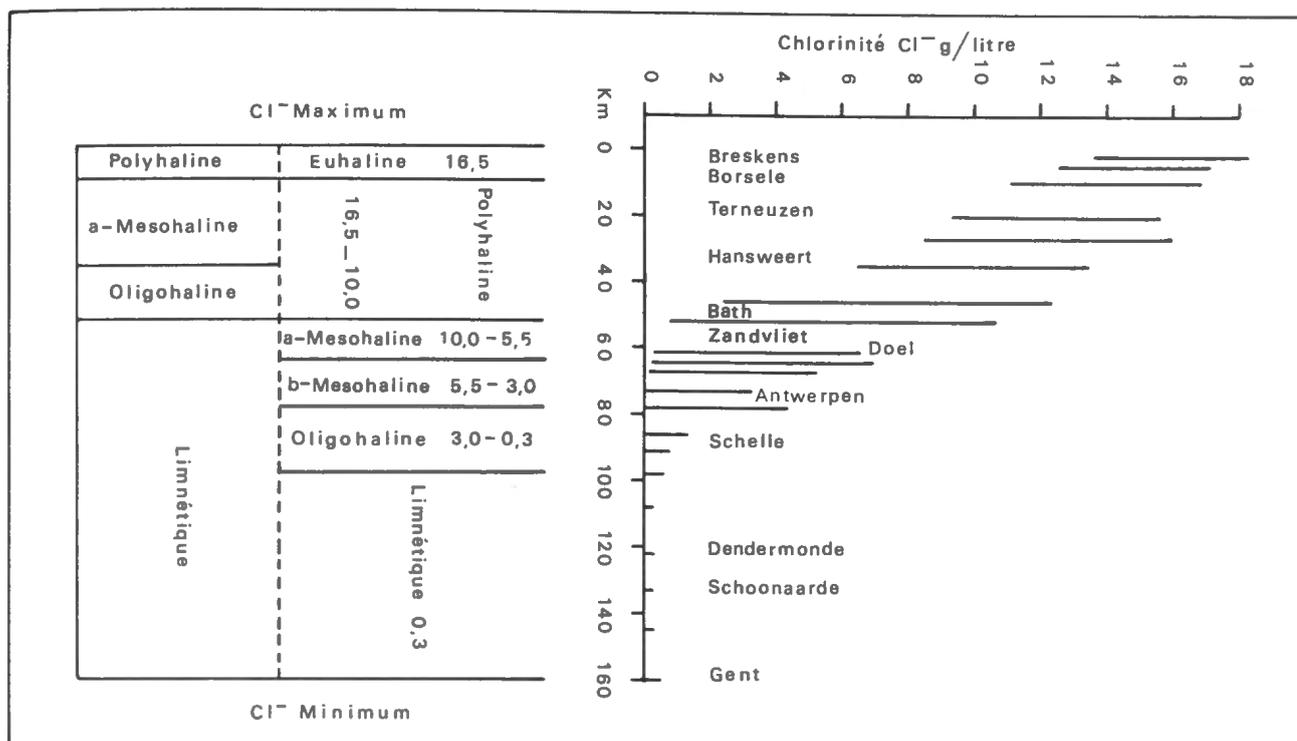


FIG. 11. — Trajet Breskens - Gent. Chlorinités. Valeurs suivant G. DE PAUW, 1967-1968-1969. Classification limnologique. Système de Venise.

TABLEAU 40
Oxygène dissous mg/l et % de la saturation
Eaux de surface
(d'après C. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	Km	1967				1968				1969			
		mg/l		%		mg/l		%		mg/l		%	
		Min.	Max.										
Breskens	2	5,53	10,12	59,7	112,0	6,81	10,47	87,6	118,3	5,86	10,87	71,4	102,5
Vlissingen	2	5,86	10,56	63,0	110,0	7,00	10,6	90,9	116,4	5,77	10,72	70,3	102,5
Sloehaven	5	5,42	9,77	58,6	106,9	6,58	10,72	85,2	119,3	5,42	10,62	66,0	106,0
Borsele (Bouée 13)	10	5,45	9,85	58,0	103,8	6,64	10,92	84,6	111,3	5,19	10,48	62,5	99,1
Terneuzen	20	5,33	10,47	56,1	105,6	5,83	10,16	73,8	110,1	5,28	10,33	62,8	96,6
Baarland (Bouée MG-E)	27	5,41	9,79	56,9	100,9	6,23	10,45	65,2	115,8	5,19	10,86	61,7	94,5
Hansweert	36	5,43	9,9	55,5	96,2	5,71	10,46	63,6	108,0	4,95	10,07	58,2	94,1
Baalhoek (Bouée 60)	46	4,5	9,6	52,4	103,9	5,30	10,03	50,8	105,7	3,51	8,72	33,0	86,0
Bath	52	3,3	9,41	34,0	91,0	1,28	9,69	14,0	103,5	0,44	7,76	3,5	74,9
Zandvliet (Bouée 87)	57	2,7	6,64	21,0	76,0	0,48	8,11	5,0	80,9	0,29	5,60	2,3	47,8
Doel	61	—	—	—	—	0,70	4,60	5,0	54,0	0,40	3,65	3,9	38,6
Schijn	64	1,71	6,8	17,0	58,0	0,15	4,40	1,2	40,0	0,31	2,52	2,9	28,6
Fort Parel	67	1,61	4,41	16,0	40,0	0,15	2,60	1,2	24,0	0,44	2,07	3,4	17,6
Draai-Sluis	73	—	—	—	—	0,31	2,02	2,6	20,0	0,18	1,49	1,7	12,5
Antwerpen (Loodswezen)	78	0,56	5,4	4,5	55,0	0,00	3,76	0,0	29,6	0,0	1,98	0,0	16,9
Hoboken	86	1,12	2,24	9,1	23,0	0,00	5,60	0,0	41,4	0,0	1,45	0,0	17,6
Schelle (Rupelmonde)	91	1,12	2,3	10,4	25,0	0,0	6,04	0,0	49,5	0,0	1,71	0,0	15,8
Temse	98	0,85	2,7	8,3	24,3	0,0	6,64	0,0	52,9	0,0	2,25	0,0	19,0
St-Amands	109	0,64	2,15	5,2	23,0	0,0	6,64	0,0	54,9	0,0	2,57	0,0	22,3
Dendermonde	122	0,40	3,6	3,3	37,0	0,0	6,0	0,0	49,2	0,0	3,45	0,0	41,5
Schoonaarde	133	0,80	4,86	6,0	52,0	0,0	7,52	0,0	62,4	0,57	2,88	5,9	33,8
Wetteren	145	0,32	5,3	2,7	56,0	0,32	7,20	3,0	59,6	0,0	3,95	0,0	36,2
Gent	160	0,24	3,46	2,1	36,0	0,32	6,96	3,0	57,5	0,0	4,46	0,0	39,7

TABLEAU 41

Oxygène en mg/l, variations au cours d'une marée

Stations	Date	
Breskens (port)	21.02.67	H 11.15 12.15 13.15 14.15 15.15 16.15 17.15 M MH — jusant _____ O ₂ 9,40 9,10 9,18 9,40 8,70 9,25 8,50
Terneuzen (Haven)	28.02.67	H 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 M MB — Flot _____ O ₂ 9,63 10,13 9,53 11,40 9,50 9,46
Temse	7.03.67	H 09.30 10.30 11.30 12.30 13.30 14.30 M MB — Flot _____ O ₂ 5,29 7,08 6,13 6,90 7,50 5,55
Antwerpen (Loodswezen)	23.03.67	H 08.45 09.45 10.45 11.45 12.45 13.45 M MB — Flot _____ O ₂ 2,71 4,50 2,82 2,35 2,82 3,68
Bath (Bouée 73-75)	12.03.68	H 08.40 09.45 10.45 11.45 12.45 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 M MB — Flot _____ MH — jusant _____ O ₂ 5,80 6,30 5,80 7,90 8,50 9,70 9,70 9,10 6,30 6,00 7,00
Gat v. Ossensisse (Bouée G.V.O.5-7)	17.04.68	H 06.10 07.00 08.00 09.00 10.00 11.00 12.00 13.05 14.00 15.00 16.00 17.00 18.20 M MH — jusant _____ MB — Flot _____ O ₂ 9,8 9,2 8,9 8,9 8,6 8,6 8,0 7,9 8,4 8,6 9,2 8,6 9,2
Kruisschans	2.05.68	H 06.00 07.00 08.00 09.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 M jusant _____ MB — Flot _____ O ₂ 1,3 0,9 2,2 0,8 1,8 2,7 1,3 0,6 1,3 0,8 1,9 1,9 0,8 0,9
Antwerpen (Loodswezen)	2.05.68	H 06.00 07.00 08.00 09.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 M Flot — MH — Jusant _____ MB — Flot _____ O ₂ 0,3 0,6 0,9 0,3 0,3 0,3 0,3 0,0 0,0 0,0 0,6 0,3 0,2 0,2
Zandvliet (Bouée 89-89A)	9.10.68	H 13.30 14.30 15.15 16.40 17.30 M Flot _____ O ₂ 4,6 6,8 7,9 3,1 6,4
Zandvliet	6.11.68	H 12.30 13.30 14.30 15.30 16.30 M Flot _____ MH O ₂ 1,86 3,10 3,40 4,49 2,38
Oosterweel	1.09.69	H 10.30 11.35 12.30 13.30 14.30 15.30 16.30 17.49 18.30 19.30 20.30 M jusant _____ Flot _____ MH O ₂ 0,53 0,77 2,44 0,73 0,86 1,16 0,57 2,39 0,78 0,68 0,73
Zandvliet	2.09.69	H 09.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 20.00 M jusant _____ MB — Flot _____ MH O ₂ 1,64 1,38 1,48 1,10 1,13 0,83 0,74 1,33 0,97 1,49 1,61 1,83
Schijn	3.09.69	H 08.30 09.30 10.30 11.30 12.30 13.30 14.30 15.30 16.30 17.30 18.30 20.00 M MH — jusant _____ MB — Flot _____ O ₂ 1,36 1,77 1,59 1,21 1,26 0,73 0,92 0,74 0,94 1,09 0,96 1,22
Zandvliet (Bouée 76-83)	4.09.69	H 09.30 10.30 11.30 12.30 13.30 14.30 15.30 16.30 17.30 18.30 19.30 M MH — jusant _____ MB — Flot _____ O ₂ 1,86 2,35 1,97 1,11 1,42 0,98 0,83 0,99 1,03 1,19 2,11

TABLEAU 41 (suite)

Stations	Date													
Bath (Bouée 75-75A)	4.09.69	H	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	19.50
		M	MH — jusant ————— MB ————— Flot —————											
		O ₂	4,74	4,40	3,79	3,13	2,00	1,54	1,42	1,39	1,79	2,19	3,32	3,76
Baalhoek (Bouée 60)	4.09.69	H	09.30	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30	
		M	jusant ————— MB — Flot —————											
		O ₂	5,29	5,10	5,34	3,86	3,25	2,79	2,71	2,91	3,85	4,00	5,16	
Doel	5.09.69	H	08.30	09.30	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30
		M	Flot — jusant ————— MB — Flot —————											
		O ₂	1,22	2,02	2,01	1,50	1,41	0,93	0,54	0,80	0,93	0,80	0,69	1,32

Suivant le commentaire de C. DE PAUW (1974-1975), l'eau est pratiquement saturée. La concentration diminue rapidement vers 80-70 % près de Baalhoek. Entre ce point et le Schijn, la descente est très rapide jusque 20 %. Dans la zone Schijn, estuaire du Rupel (Schelle), le % de la saturation est minimum et ne comporte en moyenne que 10 %. Vers l'amont au-delà de Rupelmonde en direction de Gent, la concentration remonte très légèrement, néanmoins les saturations restent en dessous de 20-30 %.

On remarque que même à la hauteur de Hansweert une saturation de 80 % n'est pas atteinte.

Pour plus de détails nous renvoyons le lecteur à la thèse de C. DE PAUW.

Dans le tableau suivant on trouve un aperçu sur les saturations les plus élevées observées dans l'estuaire proprement dit. Les observations ont été faites en surface seulement.

TABLEAU 42

Date	Station	°C	O ₂ %
4.IV.67	Vlissingen	7,4	107
17.V.67	Breskens	12,9	112
15.VIII.67	Breskens	18,6	104
20.III.68	Sloehaven	5,1	102
21.V.68	Breskens	12,3	110
19.VI.68	Breskens	17,0	118
16.VII.68	Terneuzen	18,8	110
20.VIII.68	Sloehaven	18,3	119
15.X.68	Borsele B-13	15,0	110
11.VIII.69	Breskens	4,0	103
24.VI.69	Sloehaven	16,8	106
20.VIII.69	Sloehaven	19,9	103

4. - Cycle de l'acide carbonique.

Dans un travail antérieur (L. VAN MEEL, 1957), nous avons insisté sur l'importance de l'étude du système du gaz carbonique dans l'eau de mer.

Il n'en est pas moins vrai en ce qui concerne les eaux saumâtres.

Examinons les relations entre l'acide carbonique des bicarbonates et des carbonates et le pH, mesurés tous à Liefkenshoek durant 24 heures.

Un premier tableau (TABLEAU 43) renseigne les observations au sujet du pH et de l'alcalinité, résultats mensuels en 1950-1951.

TABLEAU 43

Date	pH	Alcalinité
6.X.1950	7,3	3,625
9.XI.	6,8	3,762
7.XII.	7,0	4,158
19.I.1951	7,5	3,495
8.II.	7,75	4,237
15.III.	7,7	4,151
5.IV.	7,65	3,743
8.V.	7,25	3,743
11.VI.	7,6	3,940
10.VII.	7,85	3,832
2.VIII.	7,6	3,929
12.IX.	7,6	3,764
4.X.	7,5	3,359

En ce qui concerne l'expérience de 24 heures comprenant deux marées complètes, comparons entre elles les deux marées hautes et les trois marées basses (Tableau 45).

TABLEAU 45

Marées	Heure	pH	Alcalinité
H	17,01	7,70	3,640
H	5,25	7,61	3,587
B	11,45	7,45	4,058
B	0,08	7,41	3,894
B	12,25	7,45	3,999

On peut en déduire les points suivants :

1. - l'alcalinité est la plus élevée aux environs de la marée basse et ce dans les deux cas observés, ce qui prouve l'influence des eaux d'amont à ce point de vue.

2. - le pH atteint ses valeurs les plus élevées tout de suite après l'étalement de marée haute, soit respectivement pour les deux années étudiées pH = 7,78 et pH = 7,65.

Quant aux mesures effectuées le long du cours de l'Escaut, nous ne disposons comme observations personnelles que de quelques mesures sporadiques et occasionnelles (L. VAN MEEL, 1958, p. 4).

De son côté, C. DE PAUW a publié une série de mesures effectuées depuis Breskens jusque Gent (Tableau 44).

Selon ces mesures, le pH descend progressivement depuis l'embouchure, \pm pH = 8,0, jusqu'à un minimum de 7,3 environ près des écluses à Gent. Dans les variations on a pu observer parfois un minimum à proximité du confluent du Rupel à Schelle.

Durant toute la période de l'examen, le pH a varié entre 8,5 et 6,7. A deux exceptions près les valeurs du pH étaient situées dans la zone alcaline.

Toujours d'après C. DE PAUW, la comparaison entre ses mesures et les nôtres après un intervalle de trente ans environ est intéressante.

La valeur du pH de 9,0 à Lillo et 8,2 à Temse est plus élevée que les mesures effectuées par C. DE PAUW dans

la même zone. De même pour les minima en 1939-1940 aux mêmes endroits. Ils sont distinctement supérieurs à ceux de 1967-1968-1969.

C. DE PAUW se demande si on peut déduire de ces pH plus élevés d'il y a trente ans, que la production primaire était beaucoup plus intense à cette époque peut-être par suite d'une transparence de l'eau plus grande ou d'une plus grande richesse en phytoplancton.

En ce qui concerne l'alcalinité, nous possédons quelques mesures mensuelles effectuées à Liefkenshoek en 1950-1951. Nous y avons obtenu un maximum de 4,237 et un minimum de 3,359. Durant l'expérience de 24 heures, le maximum obtenu a été de 4,058 et le minimum 2,914. Mis sur coordonnées, ces résultats comparés à la chlorinité, donnent une fonction linéaire bien nette.

L'influence des eaux d'amont est très nette.

TABLEAU 44

Eau de l'Escaut pH de l'eau de surface
Extrêmes en 1967, 1968 et 1969

(d'après C. DE PAUW)

Stations	km	1967			1968			1969		
		Min.	Max.	N	Min.	Max.	N	Min.	Max.	N
Breskens	2	7,78	8,15	6	7,30	8,50	8	7,60	8,00	10
Vlissingen	2	7,79	8,10	7	7,35	8,45	8	7,68	8,00	10
Sloehaven	5	7,65	8,00	7	7,40	8,40	10	7,64	8,05	11
Borsele (Boei 13)	10	7,60	8,00	7	7,70	8,40	9	7,60	8,05	11
Terneuzen	20	7,40	8,00	7	6,68	8,35	10	7,56	8,00	11
Baarland (Boei MG-E)	27	7,40	7,95	8	7,19	8,30	10	7,40	7,95	11
Hansweert	36	7,50	7,95	8	7,40	8,35	10	7,30	7,90	11
Baalhoek (Boei 60)	46	7,35	7,95	8	7,32	8,40	10	7,30	7,80	12
Bath	52	7,15	8,10	18	7,35	8,20	15	7,34	7,80	18
Zandvliet (Boei 87)	57	7,15	8,02	17	7,26	8,50	22	7,30	7,80	19
Doel	61	—	—	—	7,23	7,85	7	7,30	7,80	10
Schijn	64	7,30	7,82	12	7,25	7,65	10	7,30	7,80	9
Fort Parel	67	7,05	7,72	10	7,20	7,65	9	7,30	7,80	10
Draai-Sluis	73	7,30	7,70	4	7,30	7,65	6	7,30	7,80	8
Antwerpen (Loodswezen)	78	7,00	8,05	23	7,20	7,70	23	7,20	7,85	22
Hoboken	86	7,25	7,80	4	7,10	7,85	9	7,20	7,60	11
Schelle (Rupelmonde)	91	7,25	7,90	5	7,25	7,60	10	7,20	7,60	11
Temse	98	7,45	7,93	4	7,40	7,90	9	7,20	7,60	11
St-Amands	109	7,40	7,99	6	7,10	7,75	9	7,10	7,60	11
Dendermonde	122	7,40	7,95	5	7,30	7,75	8	7,15	7,80	11
Schoonaarde	133	7,35	7,90	5	7,30	7,75	8	7,00	7,70	11
Wetteren	145	7,35	7,80	5	7,30	7,72	8	7,10	7,70	11
Gent	160	7,10	7,50	4	7,30	7,70	8	6,90	7,70	11

N = nombre de prélèvements

Dans la partie de l'Escaut à haute salinité, l'alcalinité mesurée par C. DE PAUW varie généralement entre 3,3 et 7,3, la plupart du temps plus que 5.

Les plus hautes valeurs correspondent généralement à l'étale de marée basse, les plus basses à l'étale de marée haute. La variation a donc lieu à l'inverse de la salinité.

5. - Les sulfates.

Au cours de douze mois d'observations, nous avons pu noter des variations très notables dans les concentrations en sulfates à Liefkenshoek. Le maximum a été de 1,037 g %₀ SO₄, le minimum 0,093 g %₀, la première valeur se rapportant à une marée haute, la seconde correspondant à une marée basse. L'allure des graphi-

TABLEAU 46
Eau de l'Escaut. Alcalinité (ml HCl N/1)
Eau de surface (Vlissingen-Antwerpen)

Stations	km	18-09-68	12-11-68	3-12-68	17-12-68
Breskens	2	2,80	—	—	2,80
Vlissingen	2	2,75	—	—	2,80
Sloehaven	5	2,85	2,70	—	2,80
Borsele (Boei 13)	10	3,20	2,90	—	2,70
Terneuzen	20	3,15	2,90	—	3,00
Baarland (Boei MG-E)	27	2,95	3,20	—	3,10
Hansweert	36	3,25	3,30	—	—
Baalhoek (Boei 60)	46	3,75	3,40	—	—
Bath	52	4,50	3,40	4,20	3,70
Zandvliet (Boei 87)	57	5,75	3,90	4,60	4,20
Doel	61	—	—	5,00	—
Schijn	64	—	—	—	—
Fort Parel	67	—	—	5,20	—
Draai-Sluis	73	—	—	5,40	—
Antwerpen (Loodswezen)	78	—	—	—	—

TABLEAU 47
Alcalinité. Variations au cours d'une marée
Eau de surface
Résultats en ml HCl N/litre

Stations	Date	Etale de marée basse	Etale de marée haute	diff. MB-MH
Temse	23-03-67	4,2	4,0	0,2
Bath (Boei 73-75)	12-03-68	5,2	3,8	1,4
Gat van Ossensisse (Boei Gv0.5-7)	17-04-68	3,3	2,9	0,4
Zandvliet (Boei 89-89A)	9-10-68	3,7	3,4	0,3
Zandvliet (Boei 89-89A)	6-11-68	3,7	3,5	0,2

ques est analogue à ceux des étiages et chlorinités avec cette différence que les sommets sont beaucoup plus larges et que les concentrations relativement élevées s'observent assez longtemps autour de la marée haute. Les maxima observés sont de loin inférieurs à ceux obtenus en Mer du Nord et ne se rapprochent que de la moitié de ceux-ci. En effet, le maximum de cinq années d'observations y est de 2,7832 g SO₄ ‰, le minimum de 2,060 g ‰. Au cours de l'expérience de 24 heures, le maximum a été de 0,6487 ‰, le minimum de 0,4786 g SO₄ ‰.

C. DE PAUW n'a malheureusement pas publié de chiffres pour les concentrations en sulfates. Par contre nous trouvons dans un rapport publié de P. HERMAN et J. BOUQUIAUX (1973), les concentrations suivantes :

Doel	I.1972	0,774	g SO ₄ ‰
	V.1973	0,118	
Hoboken	I.1972	0,280	
	V.1973	0,300	
Temse	I.1972	0,164	
	V.1973	0,253	
Dendermonde	V.1973	0,266	
Wetteren	I.1972	0,285	
	V.1973	0,309	

Eau de l'Escaut

Alcalinités calculées d'après le graphique suivant C. DE PAUW (1968)

Km	Min.	Max.
2	2,70	3,50
	2,72	3,60
10	2,70	3,50
20	2,72	3,40
27	2,80	4,19
36	2,90	4,00
47	3,10	4,19
52	3,40	4,40
56	3,60	5,79
64	3,30	5,00
69	3,69	5,20
78	3,40	5,99
85	3,80	5,30
92	3,30	6,20
99	3,90	7,07
109	3,30	6,70
122	4,00	7,03
132	3,90	7,01
145	4,08	6,88
160	4,08	7,01

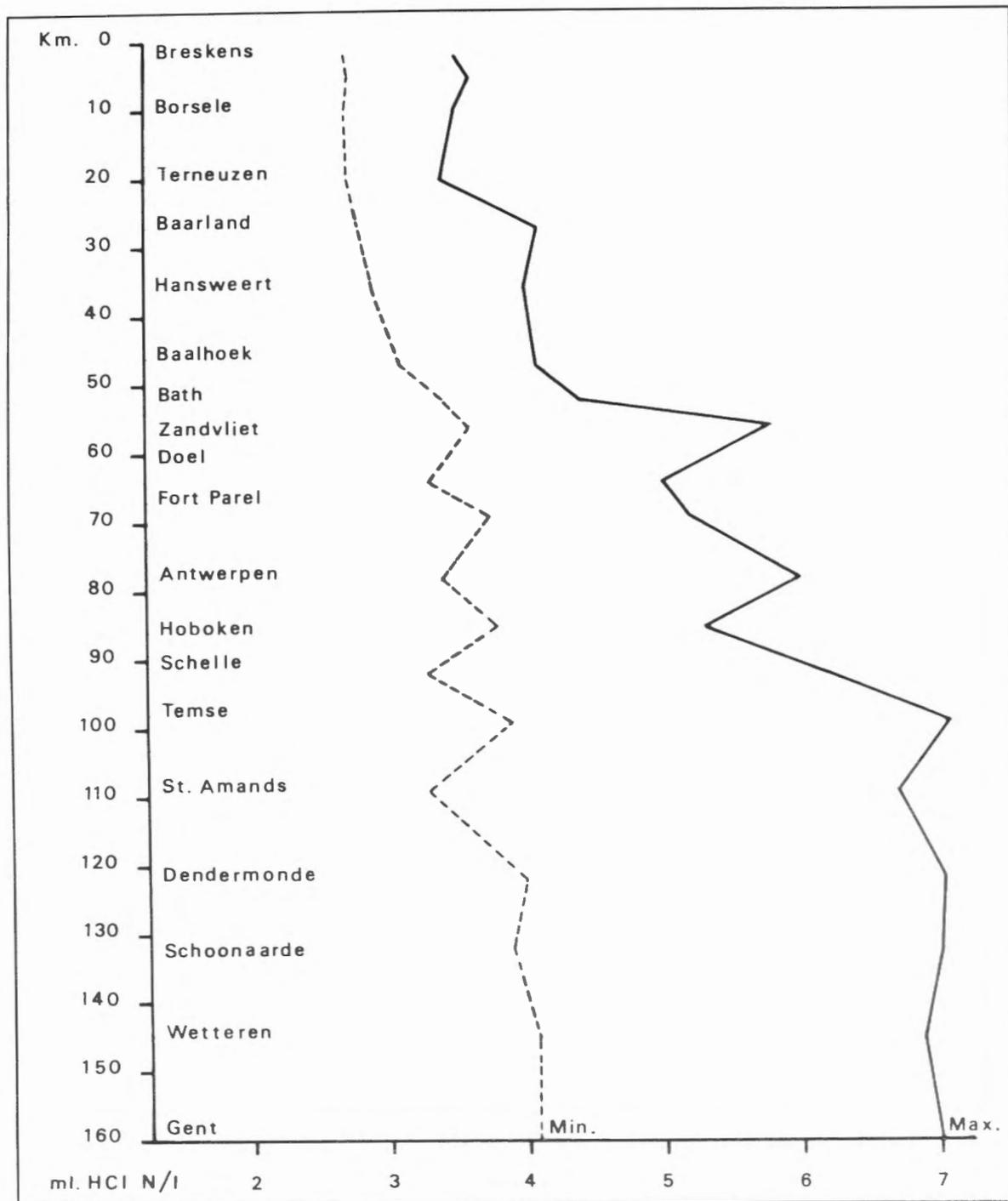


FIG. 12. — Evolution de l'alkalinité dans l'estuaire de l'Escaut. (Valeurs suivant C. DE PAUW).

TABLEAU 48

Variations des valeurs du pH au cours d'une marée (eau de surface)
(D'après C. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	Dates	pH étales de marée basse	pH étales de marée haute	Diff. MB - MH
Breskens (port)	21-02-67	7,50	7,80	0,30
Terneuzen (port)	28-02-67	7,60	7,70	0,10
Temse	7-03-67	7,55	7,70	0,15
Antwerpen (Loodswezen)	23-03-67	7,20	7,60	0,40
Kruisschans	2-05-68	7,10	7,60	0,50
Zandvliet (Bouée 89-89A)	6-11-68	7,25	7,35	0,10
Schijn	3-09-69	7,20	7,40	0,20

6. - Les nitrites.

Au cours des explorations mensuelles nous n'avons pas pu songer au dosage des nitrites. Ce n'est qu'au cours de l'expérience de 24 heures en octobre 1951, que l'occasion se présenta d'effectuer leur détermination quantitative (L. VAN MEEL, 1958).

Les concentrations les plus élevées se présentent à marée basse lors de la décharge des eaux d'égout. On a mesuré 0,057 mg/litre une heure et demi après la marée basse de 0,08 h. La troisième marée basse à 12 h 25 donna 0,050 mg/litre, alors que la toute première, à 11 h 45, ne donna que 0,035 mg NO₂/litre.

Les concentrations les plus faibles se mesurent aux environs de la marée haute. On a observé ainsi 0,007 mg/litre, 2,5 h après la marée haute de 17.01 h. C'est la

valeur la plus basse obtenue au cours de ces 24 heures. Aux deux flux on a mesuré respectivement 0,011 et 0,032 mg/litre.

La comparaison des nitrites avec la saturation de l'oxygène montre que les concentrations de ces deux substances dissoutes sont en raison inverse, surtout en ce qui concerne la marée basse de 0,08 h où la quantité d'oxygène est faible, 17,88 % de la saturation correspondant à une concentration de nitrites de 0,052 mg/litre NO₂. La première marée haute de 17.01 h donne une saturation en oxygène de l'ordre de 76,1 % avec une concentration en NO₂ de 0,011 mg/litre. Le rapport est moins net, seulement esquissé, pour le second flux, mais le reflux suivant à 12 h 15 donne de nouveau un taux relativement élevé, notamment 0,050 mg/litre.

TABLEAU 49

Azote
Variations au cours d'une marée

NH ₄ - N (mg/l)													
Bath (Bouée 73-75) 12.03.68													
H	08.40	09.45	10.45	11.45	12.45	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00		
M	MB	Flot				MH	Jusant						
	2,40	1,60	2,00	1,60	1,60	1,20	4,00	3,40	2,80	2,60	2,60		
Gat van Ossensisse (Bouée G.v.O. 5-7) 17.04.68													
H	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.05	14.00	15.00	16.00	17.00	18.20
M	MH	Jusant						MB	Flot				
	0,76	0,82	1,20	1,48	1,52	1,52	1,52	0,92	0,56	0,42	0,70	0,54	
Zandvliet (Bouée 89-89A) 9.10.68													
H	13.30	14.30	15.15	16.40	17.30								
M	Flot				MH								
	4,08	4,22	3,94	4,56	3,94								
NO ₂ - N (µg/l)													
Zandvliet (Bouée 89-89A) 6.11.68													
H	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30								
M	Flot												
	96	126	92	132	127								
NO ₃ - N (µg/l)													
Zandvliet (Bouée 89-89A) 6.11.68													
H	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30								
M	Flot												
	0,60	1,30	1,42	1,90	1,58								

Durant trois années consécutives, C. DE PAUW a obtenu des séries complètes de mesures pour les nitrites (Tableau 50) sur tout le parcours depuis Breskens jusque

Gent. Dans son commentaire il fait remarquer que comparativement aux nitrates, la concentration en nitrites peut être qualifiée de faible. Les valeurs trouvées par lui

sont environ 10 fois moindres que la concentration en nitrates. Comme amplitude il donne de 0 à 645 µ/litre N-NO₂. En moyenne la concentration augmente depuis l'estuaire vers l'amont. On distingue ce-

pendant deux zones à concentration élevée. Le premier maximum est situé dans la zone Bath-Antwerpen, le second à la hauteur de l'embouchure du Rupel (Schelle).

TABLEAU 50

Azote
Eaux de surface
(d'après C. DE PAUW 1974-1975)

Stations	km	1968						1969					
		NH ₄ ⁺ - N mg/l		NO ₂ - N µg/l		NO ₃ - N Mg/l		NH ₄ ⁺ - N mg/l		NO ₂ - µg/l		NO ₃ - N mg/l	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Breskens	2	0,0	3,5	8	92	0,5	2,2	0,1	2,8	8	53	0,5	2,0
Vlissingen	2	0,05	3,3	5	66	0,6	1,7	0,2	2,4	6	59	0,5	1,9
Sloehaven	5	0,0	3,7	4	44	0,7	2,2	0,2	4,2	6	58	0,5	2,3
Borsele (Bouée 13)	10	0,0	3,7	10	130	0,7	2,1	0,4	4,1	4	84	0,8	2,7
Terneuzen	20	0,06	3,8	11	137	1,1	3,0	0,2	3,9	2	112	1,1	3,5
Baarland (Bouée MG-E)	27	0,0	3,6	11	95	1,1	2,9	0,2	4,1	4	130	1,2	3,1
Hansweert	36	0,4	3,2	20	150	1,6	3,7	0,9	4,8	6	153	1,4	3,4
Baalhoek (Bouée 60)	46	1,2	3,5	14	264	1,1	3,8	2,2	4,9	8	160	0,9	4,0
Bath	52	1,7	6,9	11	302	0,8	4,0	0,3	8,2	6	216	0,1	3,6
Zandvliet (Bouée 87)	57	1,2	11,8	8	330	0,0	3,4	1,1	7,6	8	225	0,0	3,4
Doel	61	—	—	—	—	—	—	4,8	12,3	10	229	0,0	2,4
Schijn	64	2,1	11,5	14	356	0,0	4,2	5,9	12,7	0	242	0,0	2,5
Fort Parel	67	2,3	7,5	6	416	0,0	3,7	5,7	12,7	0	290	0,0	2,8
Draai-Sluis	73	-	-	-	-	-	-	5,2	12,0	0	435	0,0	3,0
Antwerpen (Loodswezen)	78	0,8	13,3	0	478	0,0	4,2	1,7	12,7	0	645	0,0	3,5
Hoboken	86	1,1	12,7	4	200	0,0	4,2	4,3	9,3	4	258	0,0	2,9
Schelle (Rupelmonde)	91	1,4	13,3	3	184	0,0	4,6	4,2	8,3	4	260	0,0	3,1
Temse	98	0,4	12,9	5	310	0,0	5,0	4,0	9,5	0	226	0,0	3,5
St-Amands	109	0,3	12,7	4	300	0,0	5,2	3,7	9,6	4	300	0,0	3,7
Dendermonde	122	1,8	12,7	4	440	0,0	6,2	4,5	10,0	4	300	0,0	3,7
Schoonaarde	133	1,2	12,7	8	600	0,0	6,2	4,5	8,8	6	360	0,0	3,9
Wetteren	145	1,4	13,7	10	360	0,0	6,2	4,5	9,6	9	354	0,0	4,0
Gent	160	1,8	13,0	33	360	0,0	6,0	5,3	13,1	16	292	0,0	4,1

7. - Les nitrates.

Les nitrates, toujours au cours de l'expérience de 24 heures à Liefkenshoek, varient entre 0 et 16,25 mg

NO₃/litre, soit entre 0 et $16,25 \times 0,2259 = 3,67$ mg N-NO₃ litre.

Au cours des visites mensuelles on a mesuré les concentrations reprises dans le Tableau 51.

TABLEAU 51

Escaut à Liefkenshoek
Mesures mensuelles
Concentration en nitrates

Date	NO ₃ mg/l	N.-NO ₃ mg/l	Date	NO ₃ mg/l	N.-NO ₃ mg/l
6.X.1950	—	—	5.IV.1951	235,0	53,08
9.XI.	43,5	9,82	8.V	0,0	0,0
7.XII.	60,0	13,55	14.VI.	30,0	6,77
19.I.1951	35,0	7,90	10.VII	55,0	12,42
8.II.	250,0	56,47	2.VIII	15,15	3,42
15.III.	150,0	33,88	12.IX	16,8	3,79
			4.X.	1,525	0,34

Au cours de l'année 1950-1951, les concentrations en nitrates ont atteint un taux très élevé. La plus haute que nous ayons eu l'occasion de mesurer était de 250,0 mg NO_3 /litre, soit 56,47 mg N.- NO_3 /litre au mois de février 1951. Au mois d'août elle se montait encore à 235,0 mg/litre. Elles correspondaient toutes les deux à une marée montante.

Le flux apporte, en général, peu ou pas de nitrates ; au reflux, par contre, ils sont plus abondants et proviennent sans doute des eaux d'amont.

L'expérience du 3.VIII.1957 est aussi significative : à marée haute, on note 7,425 mg NO_3 /litre, à marée descendante 8,050 mg et à marée basse 9,150 mg/litre.

Quant aux résultats analytiques mensuels de 1950-1951, nous y trouvons un minimum de 0 en mai et un maximum de 250 mg en février. Cette dernière valeur relevée à marée basse, elle aussi.

D'après la thèse de C. DE PAUW, déjà citée, les variations le long du trajet sont environ en raison inverse de la concentration en ammoniacque.

La concentration augmente depuis Bath-Hansweert. En moyenne on y observe 2-3 mg/litre, au maximum 4 mg/litre.

L'augmentation considérable dans la zone Schijn-Hansweert se produit certainement sous l'influence d'une augmentation très conséquente de l'oxygène dissous. En amont de Baalhoek-Bath la concentration en nitrates diminue et atteint des valeurs minima dans la zone Schijn-Schelle. Dans cette zone l'ammoniacque atteint des valeurs maximales, l'oxygène y est nul ou minime, ses concentrations sont trop basses pour permettre une nitrification conséquente. La concentration en nitrates y atteint, en moyenne, moins de 1 mg/litre.

Les nitrates augmentent vers l'amont depuis le confluent du Rupel jusque Wetteren-Gent, vers une moyenne de 2-3 mg/litre. Les extrêmes y sont 0 et 6 mg/litre.

Près de l'embouchure, la concentration moyenne est d'environ 1 mg/litre, les extrêmes sont 0,5 et 2,2 mg/litre.

Les valeurs minimales observées à Vlissingen-Breskens sont environ égales à celles observées en pleine mer.

Nous condensons ci-après une importante contribution de R. WOLLAST (1973) au sujet de la nitrification dans l'Escaut.

On sait que le processus de nitrification représente la dernière étape de la dégradation de la matière organique dans le phénomène d'auto-épuration des rivières. Au cours de ce processus, l'ammoniacque provenant de la décomposition de cette matière est transformée en nitrites et cette oxydation peut affecter, de manière sensible, l'oxygène dissous (R.J. COURCHAINE, 1968). Il est donc important de préciser les conditions de nitrification et la cinétique de ces phénomènes dans les milieux naturels si l'on désire réaliser un modèle de gestion de la rivière (R. WOLLAST, 1973).

L'oxydation de l'ammoniacque en nitrate est essentiellement liée à l'activité de bactéries autotrophes bien spécifiques (*Nitrosomonas* et *Nitrobacter* (A. PAINTER,

1970) et le problème de la nitrification dans les rivières est donc un exemple particulièrement judicieux pour étudier l'activité des micro-organismes dans un milieu naturel en utilisant diverses approches.

Une première approche consiste à envisager un modèle thermodynamique tel que celui développé par W. STUMM (1966). Dans un tel modèle, purement théorique, on considère que les espèces dissoutes sont en équilibre thermodynamique entre elles et que les bactéries agissent en quelque sorte comme catalyseur pour maintenir l'équilibre chimique.

De tels modèles peuvent être utiles pour décrire des systèmes qui évoluent très lentement, comme les sédiments ou les eaux profondes, par exemple. (D.C. THORSTENSON, 1970).

L'hypothèse d'un équilibre interne est cependant peu probable dans le cas des cours d'eau. Les biologistes attachent généralement peu d'importance à de tels modèles car ceux-ci ne tiennent pas compte de la cinétique de l'action bactérienne.

Les modèles biologiques tentent, en effet, de décrire l'activité bactérienne en fonction du nombre de bactéries et de la concentration du substrat. Il existe de nombreux travaux de laboratoire sur l'activité des bactéries nitrifiantes (H.A. PAINTER, 1967 ; H.E. WILD, 1971), qui ont conduit à la détermination de paramètres intéressants, tels que la vitesse de croissance, la constante de MICHAELIS, etc...

Les modèles mathématiques basés sur une vitesse constante de croissance ont été appliqués avec succès à des portions isolées de cours d'eau (L.T. WEZERNAK et J.J. CANNON, 1968), mais ils sont peu satisfaisants lorsqu'on considère l'ensemble du processus de dégradation de la matière organique dans un cours d'eau et, en particulier, dans ceux qui sont fortement pollués. On observe, en effet, au cours de l'auto-épuration, que la nitrification ne se produit qu'après un temps de latence plus ou moins long. Pour certains auteurs, la nitrification ne commence que lorsque l'oxygène dissous a atteint une valeur minimum (A.B. WHEATLAND, et al., 1959), mais ce critère est mis en doute par d'autres auteurs qui se réfèrent plutôt à un paramètre empirique lié au degré de dégradation de la matière organique (W.W. ECKELFELDER, 1967 ; F. EDELINE, 1973).

L'Escaut se prête remarquablement à ce type d'étude étant donné la charge polluante élevée et les temps de séjour considérables des masses d'eau dans la partie estuarienne.

Dans son étude, R. WOLLAST montre trois profils longitudinaux de nitrate, nitrite et ammoniacque effectués à trois époques différentes. On observe distinctement deux zones : celle d'amont où l'ammoniacque est la seule forme présente et celle d'aval où les formes oxydées d'azote apparaissent. Le début de la nitrification se marque de manière nette et peut être fixée avec une précision de plus ou moins trois kilomètres.

L'étude des conditions régissant cette limite a été abordée à la fois sur la base des modèles thermodynami-

ques et biologiques en vue de préciser l'importance des conditions physico-chimiques sur l'activité des bactéries nitrifiantes.

R. WOLLAST examine d'abord l'influence du Eh sur la nitrification. L'Escaut dont la charge polluante atteint un maximum dans la région d'Anvers (km 78) subit une auto-épuration remarquablement rapide par suite d'une sédimentation importante de la matière organique en suspension et du processus de dilution par de l'eau de mer bien aérée. Le potentiel d'oxydo-réduction, tel qu'il est mesuré à l'électrode de platine, peut atteindre, à Anvers, des valeurs aussi basses que -100 mV au cours de l'été, lorsque la dégradation bactérienne est la plus intense.

En hiver, la dégradation est très faible et le potentiel d'oxydo-réduction remonte à $+200$ mV. Quelles que soient les conditions régnant à Anvers, le potentiel augmente progressivement vers l'aval et atteint dans tous les cas $+350$ mV à quelques kilomètres de l'embouchure.

R. WOLLAST a reporté dans un diagramme Eh-pH, les valeurs de ces paramètres pour les zones où les nitrates et les nitrites étaient présents ou absents. Il apparaît immédiatement qu'il existe dans ce diagramme une séparation nette entre ces deux zones qui peut être décrite par l'équation empirique :

$$Eh = 0,820 - 0,08 \text{ pH.}$$

Ces données expérimentales ont été comparées aux prédictions d'un modèle thermodynamique entre les espèces NH_4 , NO_2 et NO_3 basé sur les énergies libres de formation de ces espèces citées par R.M. GARRELS & C.L. CHRIST (1963). Les résultats de ces calculs sont représentés dans la figure 4.13 de l'étude de R. WOLLAST. Dans le diagramme théorique, la limite de stabilité de l'ammoniaque par rapport aux nitrates et nitrites est représentée par une droite dont l'équation est :

$$Eh = 0,897 - 0,079 \text{ pH.}$$

Le parallélisme entre la limite expérimentale de la zone de nitrification et la prévision thermodynamique de stabilité des espèces dissoutes est remarquable. La différence de 77 mV entre les deux limites de stabilité se prête mal à une discussion plus détaillée. On sait en effet que les mesures de Eh à l'aide d'une électrode de platine ne représentent pas nécessairement la grandeur thermodynamique réelle par suite de l'irréversibilité des réactions à la surface de l'électrode (M. SATO, 1960; W. STUMM, 1966; J.C. MORRIS & W. STUMM, 1967; W.G. BRECK, 1972). Ceci n'empêche toutefois pas que les mesures de potentiel d'oxydo-réduction à l'aide des électrodes de platine peuvent être utilisées de manière fructueuse comme paramètre semi-empirique pour caractériser l'activité biochimique (L.G.M. BAAS-BECKING, 1960; M. WHITFIELD, 1969; J.A. BORCHARDT, 1966).

Le parallélisme entre les observations expérimentales et l'équilibre thermodynamique n'implique toutefois pas que celui-ci soit réalisé dans les eaux de l'Escaut. Il indique plutôt que la nitrification ne se produit que

lorsque les conditions d'oxydo-réduction sont thermodynamiquement favorables pour les bactéries nitrifiantes. Ceci n'est pas surprenant d'ailleurs puisque ces bactéries utilisent l'oxydation de l'ammoniaque comme seule source d'énergie.

Le nombre de bactéries nitrifiantes a été compté par R. WOLLAST sur des milieux enrichis soit salins, soit limniques. Tous les profils obtenus indiquent une diminution rapide des bactéries vers l'aval. En les comparant avec les profils des nitrites et des nitrates, il est évident que la zone de nitrification ne correspond nullement avec le maximum du nombre de bactéries nitrifiantes. Les comptages effectués en milieu salin fournissent toujours des valeurs nettement plus faibles et la croissance des bactéries y est plus lente.

Il semble donc que la nitrification doive être attribuée principalement à la présence de bactéries d'eau douce, bien que leur nombre diminue vers l'aval à la suite de la dilution par l'eau de mer et de leur mortalité. Ces conclusions méritent toutefois d'être approfondies.

Quant à la production de nitrates par les sédiments, en vue d'estimer leur rôle dans la production de nitrates, R. WOLLAST a analysé des eaux interstitielles d'une carotte prélevée à marée haute dans la zone de nitrification.

Les nitrites et les nitrates disparaissent en dessous d'une profondeur de 3 cm. L'auteur en conclut que la dénitrification prédomine en dessous de ce niveau.

Dans les deux premiers centimètres, la concentration de ces composés est toutefois supérieure à celle qui règne dans les eaux de surface. Il n'est toutefois pas évident que cette augmentation soit due au seul processus de nitrification puisque la couche superficielle des sédiments peut être influencée par les variations de composition de l'eau surnageante liées à la marée.

A marée haute, ce sédiment est en effet en contact avec une eau plus riche en nitrites et nitrates et l'on peut supposer que l'excès de concentration de ces composés observé dans les eaux interstitielles correspond à un effet de mémoire de la situation antérieure.

En tout état de cause, le gradient observé à marée basse représente certainement un gradient maximum et correspond donc à un flux maximum de $0,01 \mu\text{mole/m}^2$. Cette valeur est d'un ordre de grandeur inférieur à l'augmentation en nitrate et nitrite que l'on observe dans les eaux de surface et l'on peut en conclure que la nitrification s'opère essentiellement dans les eaux de surface.

R. WOLLAST termine son étude par les conclusions suivantes. Les diverses observations décrites ci-dessus peuvent s'expliquer par le modèle suivant. La rivière transporte des germes nitrifiants d'origine terrigène vers l'estuaire. Aucune croissance de ces germes ne s'opère avant qu'ils n'atteignent la zone de nitrification où des conditions d'oxydo-réduction sont énergétiquement favorables à leur activité métabolique. Dès que ces conditions sont réalisées, leur activité se déclenche immédiate-

ment ainsi que le montre l'augmentation brutale de la concentration en nitrates. Cependant, la vitesse de croissance des bactéries est fortement inhibée par l'augmentation croissante de la salinité et, en conséquence, la population des bactéries nitrifiantes diminue plus rapidement par dilution de l'eau de mer qu'elle n'augmente par division.

Ceci explique que la production de nitrates diminue vers l'embouchure bien que l'ammoniaque soit encore présent en quantités appréciables.

Le processus de nitrification dans l'Escaut constitue un bel exemple de situation où il n'y a pas de lien apparent entre l'activité d'une population et la densité d'un groupe de bactéries. Une telle situation est possible par suite de la facilité des micro-organismes à subsister longtemps sans manifester aucune activité métabolique. Il est évident qu'il n'est pas possible dans ces conditions, de déduire l'activité d'une telle population en considérant simplement un comptage de bactéries et une mesure de concentration du substrat.

D'autre part, cette étude suggère que les modèles thermodynamiques des systèmes naturels peuvent être extrêmement utiles, non pas pour décrire l'état d'un système, mais pour prévoir la direction de l'évolution du système soumis à une influence biologique.

	O ₂ mg/l	NH ₄ =N mg/l	NO ₃ =N mg/l
13.V.1969			
Wetteren	0,79	8,7	1,4
Gentbrugge	0,05	8,7	0,7
Schoonaarde	1,24	6,9	1,1
30.IX.1969			
Gentbrugge	0,00	9,6	0,6
Wetteren	0,62	8,6	0,3
Schoonaarde	0,99	7,7	0,1
22.X.1969			
Gentbrugge	0,00	8,2	0,5
Wetteren	0,00	9,6	0,3
Schoonaarde	0,57	7,1	0,2

P. HERMAN & J. BOUQUIAUX ont mesuré entre Wetteren et Doel (1972-1973) entre 0 (Wetteren), 5,4 (Hoboken) et 3,0-0,09 (Doel) mg de NO₃/litre.

8. - L'ammonium.

Pour des raisons indépendantes de notre volonté, nous n'avons jamais eu l'occasion de procéder à des dosages de l'ion ammonium.

TABLEAU 52
Concentration en P total (mg PO₄/l)
Eaux de surface
(d'après N. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	km	1967		1968		1969	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Breskens	2	0,24	1,61	0,42	2,46	0,12	4,27
Vlissingen	2	0,30	1,18	0,28	1,99	0,11	1,23
Sloehaven	5	0,29	2,80	0,34	0,95	0,13	1,23
Borsele (Bouée 13)	10	0,36	3,23	0,38	1,23	0,19	1,42
Terneuzen	20	0,28	2,75	0,61	2,66	0,21	1,90
Baarland (Bouée MG-E)	27	0,51	2,75	0,57	2,75	0,20	1,80
Hansweert	36	0,57	2,80	0,47	2,70	0,23	2,37
Baalhoek (Bouée 60)	46	0,57	3,18	0,38	3,84	0,28	2,85
Bath	52	1,28	3,37	1,75	5,98	0,29	6,64
Zandvliet (Bouée 87)	57	0,27	4,03	1,04	7,62	0,52	6,80
Doel	61					1,76	5,00
Schijn	64					1,32	9,20
Fort Parel	67					1,44	6,00
Draai-Sluis	73					1,56	8,16
Antwerpen (Loodswezen)	78					0,96	11,68
Hoboken	86					0,96	9,00
Schelle (Rupelmonde)	91					0,84	10,60
Temse	98					1,04	10,56
St-Amands	109					1,44	12,24
Dendermonde	122					2,56	10,28
Schoonaarde	133					3,28	10,00
Wetteren	145					1,88	10,00
Gent	160					2,96	10,56

L.I.J. VAN MEEL. — LES EAUX SAUMÂTRES

TABLEAU 53

Concentration en P total (ortho et polyphosphates)
 Résultats en mg PO₄/l Eaux de surface
 (d'après N. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	km	1967		1968		1969	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Breskens	2	0,09	0,59	0,32	1,14	0,26	0,64
Vlissingen	2	0,24	0,95	0,28	0,76	0,27	2,17
Sloehaven	5	0,24	0,68	0,01	0,85	0,26	0,66
Borsele (Bouée 13)	10	0,06	6,36	0,33	1,14	0,26	0,80
Terneuzen	20	0,19	2,56	0,47	1,23	0,42	1,50
Baarland (Bouée MG-E)	27	0,09	2,75	0,47	1,33	0,18	0,95
Hansweert	36	0,14	2,61	0,66	1,94	0,23	1,32
Baalhoek (Bouée 60)	46	0,33	1,90	0,67	1,80	0,22	1,72
Bath	52	0,61	2,09	0,28	2,48	0,25	2,68
Zandvliet (Bouée 87)	57	0,08	3,13	0,45	3,32	0,39	2,72
Doel	61	—	—	—	—	0,92	2,40
Schijn	64	—	—	1,14	3,00	0,84	3,28
Fort Parel	67	—	—	1,52	2,48	0,84	1,92
Draai-Sluis	73	—	—	—	—	0,64	2,72
Antwerpen (Loodswezen)	78	—	—	0,88	4,48	0,52	6,12
Hoboken	86	—	—	0,90	8,40	0,72	4,56
Schelle (Rupelmonde)	91	—	—	1,06	8,20	0,56	7,48
Temse	98	—	—	1,50	6,88	1,20	6,60
St-Amands	109	—	—	1,48	4,30	1,44	7,00
Dendermonde	122	—	—	1,52	4,95	1,68	8,68
Schoonaarde	133	—	—	1,70	7,60	0,28	7,72
Wetteren	145	—	—	1,48	6,00	1,36	9,00
Gent	160	—	—	1,72	6,00	1,44	4,96

TABLEAU 54

Orthophosphates en mg PO₄/l
 Eaux de surface
 (d'après N. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	km	1967		1968		1969	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Breskens	2	0,009	0,50	0,25	0,71	0,18	0,57
Vlissingen	2	0,04	0,59	0,27	0,76	0,18	1,45
Sloehaven	5	0,18	0,68	0,28	0,57	0,23	0,90
Borsele (Bouée 13)	10	0,01	0,55	0,27	0,95	0,29	0,61
Terneuzen	20	0,39	1,90	0,38	1,04	0,40	1,00
Baarland (Bouée MG-E)	27	0,01	1,71	0,38	0,95	0,15	0,85
Hansweert	36	0,01	2,04	0,38	0,99	0,20	1,14
Baalhoek (Bouée 60)	46	0,31	2,04	0,24	1,61	0,19	1,14
Bath	52	0,01	2,94	0,33	2,00	0,21	1,32
Zandvliet (Bouée 87)	57	0,03	2,28	0,21	2,24	0,16	2,00
Doel	61	—	—	—	—	0,42	1,72
Schijn	64	—	—	0,74	2,1	0,58	2,92
Fort Parel	67	—	—	0,54	2,00	0,52	1,32
Draai-sluis	73	—	—	—	—	0,52	2,08
Antwerpen (Loodswezen)	78	—	—	0,24	2,3	0,48	3,64
Hoboken	86	—	—	0,82	3,44	0,48	4,10
Schelle (Rupelmonde)	91	—	—	1,04	4,10	0,44	5,84
Temse	98	—	—	1,16	3,44	0,80	4,08
St-Amands	109	—	—	1,25	3,36	1,12	5,14
Dendermonde	122	—	—	1,40	3,70	1,48	6,12
Schoonaarde	133	—	—	1,50	3,48	0,52	5,60
Wetteren	145	—	—	1,36	4,16	1,12	6,28
Gent	160	—	—	1,60	4,10	1,40	4,08

DE BELGIQUE. — APPROCHES, PROGRÈS, PERSPECTIVES

TABLEAU 55
Polyphosphates en mg PO₄/l
Eaux de surface
(d'après N. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	km	1967		1968		1969	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Breskens	2	0,01	0,23	0,0	0,76	0,03	0,24
Vlissingen	2	0,02	0,47	0,0	0,38	0,02	0,71
Sloehaven	5	0,02	0,24	0,0	0,29	0,01	0,32
Borsele (Bouée 13)	10	0,04	5,84	0,08	0,76	0,01	0,32
Terneuzen	20	0,03	1,93	0,0	0,85	0,02	0,50
Baarland (Bouée MG-E)	27	0,05	2,13	0,04	0,38	0,03	0,32
Hansweert	36	0,04	1,71	0,05	1,18	0,03	0,33
Baalhoek (Bouée 60)	46	0,02	1,05	0,05	1,66	0,02	0,35
Bath	52	0,21	0,95	0,05	1,36	0,04	0,96
Zandvliet (Bouée 87)	57	0,02	1,57	0,0	1,70	0,02	0,96
Doel	61	—	—	—	—	0,02	0,98
Schijn	64	—	—	0,04	1,86	0,0	0,60
Fort Parel	67	—	—	0,04	1,30	0,0	0,60
Draai-sluis	73	—	—	—	—	0,02	0,64
Antwerpen (Loodswezen)	78	—	—	0,02	2,52	0,0	1,80
Hoboken	86	—	—	0,08	6,40	0,0	0,78
Schelle (Rupelmonde)	91	—	—	0,02	5,70	0,0	1,64
Temse	98	—	—	0,10	4,48	0,12	2,52
St-Amands	109	—	—	0,06	1,30	0,14	1,86
Dendermonde	122	—	—	0,12	2,62	0,0	2,56
Schoonaarde	133	—	—	0,20	4,12	0,48	2,42
Wetteren	145	—	—	0,12	3,85	0,16	2,72
Gent	160	—	—	0,12	3,10	0,16	1,98

TABLEAU 56
Phosphates en suspension en mg PO₄/l
Eaux de surface
(d'après N. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	km	1967		1968		1969	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Breskens	2	0,009	1,04	0,0	2,05	0,07	3,70
Vlissingen	2	0,01	0,35	0,01	1,57	0,05	0,66
Sloehaven	5	0,05	2,19	0,07	0,94	0,05	0,57
Borsele (Bouée 13)	10	0,09	0,30	0,01	0,52	0,08	0,66
Terneuzen	20	0,13	2,28	0,08	1,52	0,19	0,95
Baarland (Bouée MG-E)	27	0,16	0,81	0,04	1,52	0,0	0,85
Hansweert	36	0,19	0,53	0,0	2,04	0,19	1,04
Baalhoek (Bouée 60)	46	0,24	1,28	0,29	2,85	0,06	1,96
Bath	52	0,38	1,52	0,72	5,03	0,05	5,24
Zandvliet (Bouée 87)	57	0,38	2,13	0,22	7,10	0,13	5,60
Doel	61	—	—	—	—	0,36	3,96
Schijn	64	—	—	—	—	0,59	5,92
Fort Parel	67	—	—	—	—	0,64	4,08
Draai-sluis	73	—	—	—	—	0,0	6,16
Antwerpen (Loodswezen)	78	—	—	—	—	0,0	8,08
Hoboken	86	—	—	—	—	0,2	5,68
Schelle (Rupelmonde)	91	—	—	—	—	0,0	6,40
Temse	98	—	—	—	—	0,16	5,72
St-Amands	109	—	—	—	—	0,16	6,16
Dendermonde	122	—	—	—	—	0,64	5,84
Schoonaarde	133	—	—	—	—	0,88	5,28
Wetteren	145	—	—	—	—	0,72	2,56
Gent	160	—	—	—	—	0,84	7,64

C. DE PAUW (Tableau 50) nous fournit les renseignements suivants.

Les concentrations augmentent depuis l'embouchure de l'estuaire vers l'amont et atteignent des maxima dans la zone Schijn-Schelle. Au-delà du confluent du Rupel, la concentration varie peu, cependant les valeurs sont un peu plus faibles que dans la zone Schijn-Schelle. En moyenne, on note 4 mg/l, en 1969 même plus de 6 mg. Près de l'estuaire, la concentration est en moyenne de 1 mg/litre, avec des extrêmes 0 et 3,5 mg/litre. On pourrait en conclure que même à cet endroit, la minéralisation n'est pas encore complète.

9. - Les phosphates.

Le taux des phosphates (phosphates solubles, minéraux) a varié durant 1950-1951 de 0 à 1,0 mg PO₄/litre. Au cours de l'expérience de 24 heures, le maximum enregistré a été de 0,45 mg/litre et le minimum, 0,22 mg PO₄/litre. L'interprétation des résultats de l'expérience de 24 heures n'est pas facile. En général, les concentrations sont de l'ordre de 0,36 mg PO₄/litre. On observe quelques pointes coïncidant avec l'étalement de marée basse, puis avec la marée mi-descendante, puis deux maxima avec le nouveau reflux. Sans avoir une netteté comme pour les nitrates, on pourrait toutefois voir dans ces quelques faits que les phosphates proviennent aussi essentiellement des eaux d'amont. Ces pointes correspondent à des concentrations de 0,45 et 0,41 mg PO₄/litre, nettement supérieures à celles de l'eau de mer. Il n'y a pas d'augmentation notable aux marées hautes. On mesure ici 0,36 mg PO₄/litre.

Dans la thèse de C. DE PAUW, nous trouvons des renseignements très étendus et très fouillés au sujet des phosphates, pour lesquels nous préférons renvoyer à l'auteur car même le résumé nous entraînerait trop loin.

L'auteur a mesuré :

- 1° La concentration totale (dissous + non dissous),
- 2° Phosphate total dissous (Ortho + poly),
- 3° Phosphate minéral dissous (Ortho),
- 4° Phosphate organique dissous (Poly),
- 5° Phosphate en suspension ou non dissous (= phosphates totaux - phosphates totaux dissous) (voir les différents tableaux).

10. - Les silicates.

Durant l'année 1950-1951, on a relevé des concentrations variant de 18,08 à 267,5 mg SiO₂/litre. L'expérience de 24 heures montre des variations de 0 à 66,3 mg/litre. Les plus hautes concentrations correspondent aux marées basses, dans les grandes lignes, les minima se trouvent aux environs des marées hautes. Nous avons rassemblé dans le tableau 57 les concentrations aux deux flux : 1,81 et 2,99 mg/litre, et aux trois reflux : 6,634-6,633 et 4,81 mg SiO₂/litre. La comparaison avec l'eau de la Mer du Nord au West-Hinder (L. VAN MEEL, 1957) montre que les concentrations dans l'eau du Bas-Escaut maritime sont très supérieures à celles observées en mer où on relève, en effet, qu'en 1953 SiO₂ s'élève de 1,77 à 4,28 mg/litre de janvier à la mi-mai ; on

mesure SiO₂ = zéro de mai à la mi-décembre et à la fin de l'année on obtient 1,49 mg/litre. L'influence des eaux d'amont en ce qui concerne la silice est donc indéniable.

TABLEAU 57

Variations nitrites-nitrates, phosphates-silice
au cours de 24 heures pour deux marées hautes
et trois marées basses successives
Résultats en mg/litre

Marée	Heure	NO ₂	NO ₃	SiO ₂	PO ₄
H	17,01	0,011	0,0	1,81	0,36
H	5,25	0,032	9,07	2,99	0,36
B	11,45	0,035	16,25	6,63	0,38
B	0,08	0,052	9,55	6,63	0,36
B	12,25	0,050	10,55	4,81	0,36

Les concentrations les plus élevées de SiO₂ s'observent très distinctement dans la partie limnique de l'estuaire. En moyenne, les concentrations croissent de 1 mg/litre vers environ 10 mg/litre. Comme extrême limite, on peut indiquer pour tout l'estuaire : environ 0,3 et 15,0 mg/litre.

Les valeurs les plus élevées correspondent aux marées basses, les valeurs les plus basses, aux marées hautes.

Examinées dans le courant de l'année, les concentrations se comportent comme suit :

D'octobre 1968 jusqu'en août 1969, la concentration a diminué graduellement de 2,0 à 0,3 mg/litre près de l'embouchure, de 11,8 à 1,6 mg/l près de Zandvliet et de 15,2 à 6,8 mg/l près de Wetteren. On a observé les concentrations les plus élevées en hiver, les plus basses en été. Ces variations proviennent de la production des diatomées et sont en raison inverse.

Au sujet du comportement, de l'origine et du sort de la silice dans l'estuaire de l'Escaut, nous tenons à condenser ici une importante contribution de R. WOLLAST (1973) à ce point de vue.

Les estuaires constituent une source importante de silice dissoute pour le milieu marin et en particulier pour les mers côtières telles que la Mer du Nord où les diatomées contribuent pour une large part à la productivité primaire. Une modification d'un tel apport est donc de nature à perturber l'équilibre écologique de ce milieu.

La charge organique supportée par l'Escaut subit une dégradation bactérienne intense conduisant à la mise en liberté de quantités d'ammoniaque importantes. Le séjour des masses d'eau est suffisamment long dans l'estuaire pour que le processus de nitrification, qui conduit à l'oxydation de l'ammoniaque puisse s'y dérouler.

Les conditions qui contrôlent ce phénomène dans les milieux naturels sont encore assez mal connues, mais les résultats obtenus dans l'estuaire de l'Escaut ont conduit à une hypothèse originale mettant en évidence l'importance des conditions physico-chimiques sur le développement des processus biologiques. Deux hypothèses s'affrontent pour expliquer la consommation de cette sub-

stance nutritive. Pour G.S. BIEN et ses collaborateurs (1958), la silice dissoute réagit chimiquement avec les solides en suspension lorsque la salinité devient suffisante. P.S. LISS & C.P. SPENCER (1970) estiment que 10 à 20 % de la silice dissoute sont éliminés par un phénomène d'absorption inorganique.

TABLEAU 58

Silice en mg/l (d'après C. DE PAUW)
Eaux de surface — 1969

Stations	Km	Min.	Max.
Breskens	2	0,3	1,8
Vlissingen	2	0,3	2,0
Sloehaven	5	0,3	1,6
Borsele (Bouée 13)	10	0,3	2,8
Terneuzen	20	0,4	3,4
Baarland (Bouée MG-E)	27	0,4	4,6
Hansweert	36	0,5	6,4
Baalhoek (Bouée 60)	46	0,8	7,4
Bath	52	1,1	10,4
Zandvliet (Bouée 87)	57	1,6	10,4
Doel	61	3,8	10,0
Schijn	64	3,6	10,4
Fort Parel	67	4,6	10,4
Draai-Sluis	73	7,0	11,0
Antwerpen (Loodswezen)	78	4,8	13
Hoboken	86	7,2	12
Schelle (Rupelmonde)	91	7,4	12,8
Temse	98	6,8	11,8
St-Amands	109	7,6	11,8
Dendermonde	122	7,4	12,6
Schoonaarde	133	7,5	11,8
Wetteren	145	8,8	12,6
Gent	160	8,2	12,6

C. DE PAUW (1975) a pu mesurer l'évolution des concentrations en SiO_2 sur tout le trajet Gent-Breskens en 1965 (Tabl. 58 et Tabl. récapitulatif 65). Chez lui également, nous trouvons cette diminution très importante en direction de l'estuaire. La différence entre minima comporte : 7,9 mg/l et entre maxima : 10,8 mg/l. Chez R. WOLLAST & O. BECKERS, la différence est de 13,5 mg/litre.

Par ailleurs, U. STEPHANSSON & F.A. RICHARDS (1963), BANPUB & BURTON (1968), BURTON et ses collaborateurs (1970), R. WOLLAST & F. DE BROEU (1971), FANNING & PILSON (1975) ont montré que la formation de silice par les réactions chimiques inorganiques est probablement négligeable et que la consommation devrait être attribuée plutôt à l'activité des diatomées.

Aucune de ces études n'a cependant établi des relations suffisamment quantitatives pour apprécier correctement l'importance relative de ces phénomènes. L'objet des recherches de R. WOLLAST constitue une tentative pour préciser la cinétique de consommation de la silice par les diatomées et les conditions qui peuvent éventuellement conduire à la fixation de cette silice par des processus purement inorganiques.

La consommation ou la production d'une substance dissoute peut être facilement déterminée dans les estuaires en comparant l'évolution de sa concentration par rapport à la chlorinité. L'évolution de la concentration de ce dernier facteur est liée uniquement aux paramètres physiques qui contrôlent le mélange des eaux douces à l'eau de mer, dans la région des estuaires. Dans le cas où la substance elle-même est conservative, l'évolution de sa concentration en fonction de la chlorinité se traduit par une droite. La comparaison aux droites de dilution, des courbes obtenues, permet de constater que la silice est pratiquement conservative en hiver et qu'elle subit une consommation qui s'accroît au cours de l'été pour se résorber à nouveau au cours de l'automne. En outre, la consommation s'accroît lorsque la chlorinité augmente et en particulier lorsque celle-ci est supérieure à 4°.

R. WOLLAST (1973) fait remarquer que l'évolution de la turbidité des eaux de surface a lieu en fonction de la chlorinité. Les solides en suspension dans les eaux douces qui sont extrêmement turbides subissent rapidement un phénomène de floculation et de sédimentation lorsque ces eaux sont mélangées à des eaux de salinité croissante. Ce processus contribue de manière très significative à améliorer la qualité des eaux de l'Escaut. Non seulement la pénétration lumineuse s'améliore considérablement, mais encore l'oxygène dissous réapparaît, conditions évidemment favorables au développement des diatomées. L'influence de la saison, de la turbidité et de l'oxygène dissous est de nature à confirmer le rôle prépondérant des diatomées quant à la consommation de la silice dans l'estuaire.

A partir des profils de silice dissoute relevés expérimentalement, et en tenant compte des termes d'advection et de convection déduite du profil de salinité, on peut calculer en tout point du profil le terme de production ou de consommation de la silice dissoute.

Les profils obtenus au cours des mois de mai et octobre sont très significatifs. De manière générale, on constate deux zones de consommation, une première située en amont et d'importance relativement faible, l'autre, en aval, dont l'importance croît lorsque les conditions sont favorables au développement des organismes vivants. En dehors de ces zones, la production de silice est faible.

Les variations discutées ici représentent des productions ou des consommations nettes et indiquent donc lequel des processus l'emporte sur l'autre.

En ce qui concerne la zone d'amont, il est difficile d'attribuer la consommation de silice à une activité biologique quelconque, compte tenu des conditions extrêmement défavorables de fixation inorganique. Cette zone est d'ailleurs suivie d'une zone de production nette de silice. Comme il n'existe pas d'apports latéraux importants dans cette région, il pourrait s'agir d'une libération de la silice, fixée précédemment par suite de la diminution de la concentration en silice dissoute. L'origine exacte de ce processus de fixation et de libération n'est pas encore connue dans le cas de l'Escaut, mais on peut imaginer qu'il s'agit d'un simple processus d'ad-

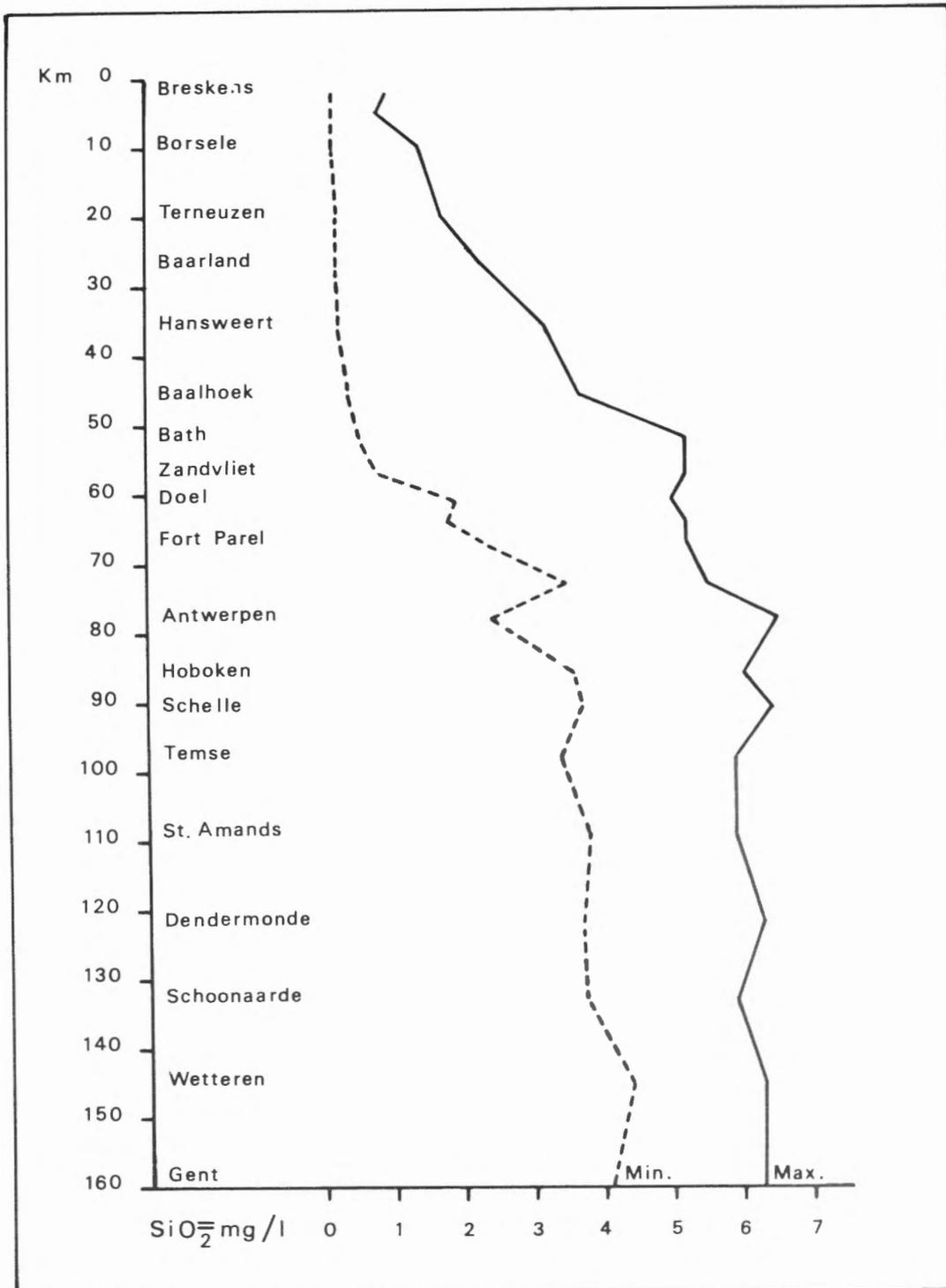


FIG. 13. — Evolution de la silice dans l'estuaire de l'Escaut en 1969. (Valeurs suivant C. DE PAUW).

sorption et de désorption tel que l'ont signalé P.S. LISS & C.P. SPENCER (1970), ou plutôt de réactions de fixation et de relargage de silice dissoute par les argiles en suspension prévues théoriquement et mises en évidence expérimentalement par F.T. MACKENZIE & R.M. GARRELS (1967). Il est en effet intéressant de remarquer que les concentrations en silice dissoute que l'on observe dans l'estuaire de l'Escaut se situent dans le domaine où les réactions de fixation ou de libération de silice peuvent se présenter.

Le bilan global de silice dans l'Escaut est cependant peu affecté par ce processus car les deux phénomènes se

compensent assez bien avec un léger avantage en faveur de la fixation de la silice dissoute. Il faut encore remarquer qu'au voisinage de l'embouchure, la production de silice redevient prépondérante et spécialement durant les mois de faible activité biologique (février-mars). On peut donc envisager que, dans les zones côtières dominées par l'influence des estuaires, l'apport de silice par les matières en suspension pourrait être significatif.

R. WOLLAST ajoute que l'examen des chlorophylles confirme l'hypothèse d'une consommation biologique de silice dans la zone aval de l'estuaire. Le coefficient de corrélation entre les chlorophylles-phaeophytines et la

consommation de silice est de + 0,87. Les vitesses de consommation moyennes de silice dans la région de Doel à Hansweert sont de l'ordre de 1 à 2 mg SiO₂ par mètre cube/heure (Tableau 59).

R. WOLLAST a encore remarqué l'existence d'une activité photosynthétique importante, après filtration de l'eau, dans la fraction inférieure à 25 microns. Il est vraisemblable qu'il s'agit ici d'une activité bactérienne photosynthétique. Cette activité doit être soustraite de l'activité totale pour rendre compte de la productivité primaire potentielle liée au phytoplancton. Elle introduit à son tour une incertitude élevée sur la valeur de la production primaire car elle peut représenter plus de 90 % de l'activité totale mesurée.

On peut cependant estimer que la mesure de la productivité primaire se présentera de manière satisfaisante lors des périodes d'intense activité biologique.

Les estimations de consommation nette de silice nécessitent une bonne connaissance des divers apports possibles. Le relargage de silice dissoute à partir des eaux interstitielles des sédiments peut constituer une source de silice dissoute appréciable. Néanmoins, d'après les calculs de R. WOLLAST, l'apport par les sédiments, dans le cas de l'Escaut, peut être considéré comme négligeable.

La consommation de silice dans l'estuaire par les diatomées est considérable pendant les mois d'intense activité biologique. L'apport de silice en Mer du Nord par l'estuaire de l'Escaut devient pratiquement nul au

cours de l'été. Plus de 95 % de la silice dissoute apportée par les eaux douces d'amont sont consommés dans l'estuaire lui-même. Si, comme R. WOLLAST le pense, cette consommation de silice résulte d'une eutrophisation et est relativement récente, la Mer du Nord est actuellement privée d'une source importante de silice dissoute pouvant y conduire à une modification de l'équilibre biologique, la silice devenant limitante par rapport au phosphore et à l'azote.

Formes de silice dans les eaux. Lors de la décomposition des litières (H. ERHART, 1973) qui recouvrent les sols, les phytolithes peuvent s'incorporer dans les sols ou, lorsque ceux-ci sont érodés, passer dans les eaux des rivières et des fleuves. Au cours du transport dans les eaux, les phytolithes se dépolymérisent et engendrent des solutions de silice monomère. Celles-ci sont utilisées par le phytoplancton, notamment par les diatomées, pour former leur enveloppe externe siliceuse. Or, celle-ci est à nouveau en opale, c'est-à-dire à l'état de haut polymère engendré par l'action biologique.

Certains géologues et géochimistes ont voulu soutenir que la silice dans les eaux naturelles n'était présente qu'à l'état monomère, c'est-à-dire à l'état de solution vraie, non colloïdale. C'est là, de l'avis de H. ERHART une affirmation complètement erronée, dérivée de la méconnaissance des phytolithes. En réalité, solutions colloïdales d'origine biologique et solutions vraies de silice existent dans toutes les eaux naturelles, comme conséquence du jeu permanent de la polymérisation et de la dépolymérisation.

TABLEAU 59

Silice — Chlorophylles a — Phaeophytines a
(suivant R. WOLLAST & O. BECKERS; Techn. Rept. 173. Scheldt 09.Sed.03)
Marée basse

Stations	Silice mg/l	Chlorophylles mg/m ³		Phaeophytines mg/m ³		
		Total	25 μ	Total	25 μ	
Aval	1	0,40	2,94	0,88	3,79	2,94
	2	0,55	2,27	1,47	3,79	2,91
	3	0,80	4,14	1,07	1,84	4,16
	4	0,55	3,74	0,80	6,91	1,44
	5	1,25	2,14	0,53	8,70	5,07
	6	0,70	—	—	—	—
	7	1,40	0,4	0,93	6,22	5,23
	8	2,20	4,81	0,13	7,34	6,41
	9	1,90	2,16	—	5,74	—
	10	1,85	5,07	1,00	8,38	1,75
	11	2,90	4,0	0,53	9,64	6
	12	—	8,01	—	10,30	—
	13	3,55	10,68	0,67	10,81	10,48
	14	3,85	1,87-3,46	1,87-1,6	12,33-11,85	6,89-7,74
	15	4,45	5,45	—	7,26	—
	16	4,00	—	0-0,8	—	14,7 -11,96
	17	6,10	17,78-14,20	3,50	0,53-0	1,07
	18	6,10	0	0,53	11,51	11,80
	19	7,75				
	20	8,35				
	21	9,60				
	22	10,00				
	23	13,00				
Amont	24	13,50				

D'innombrables mesures des teneurs en silice des eaux naturelles ont été faites depuis plusieurs décades, dans tous les coins du monde. Autrefois, les dosages se faisaient par gravimétrie, alors qu'aujourd'hui presque tout le monde emploie la méthode colorimétrique. Celle-ci est si simple et si rapide qu'elle a eu pour effet de faire multiplier les mesures effectuées par des non-chimistes et des non-biologistes, non sans danger pour les interprétations qu'ils ont cru pouvoir en tirer.

On a en effet déduit de ces dosages que les teneurs en silice des eaux naturelles n'atteignent jamais le seuil de 120 à 190 mg/litre de la silice amorphe, mais qu'elles restent de l'ordre de quelques mg/litre ou, au maximum, de quelques dizaines de mg/litre. Par conséquent, on ne peut s'imaginer qu'il puisse y avoir floculation de silice colloïdale, à partir de solutions sursaturées en silice. D'où la conclusion de G. MILLOT (1964): « Notre enseignement traditionnel nous parle de silice colloïdale des eaux naturelles. On peut déduire des faits précédents que l'état normal de la silice dans les eaux naturelles est la solution vraie. »

H. EHRART conclut que l'opinion des auteurs que G. MILLOT a suivis pour affirmer qu'il n'y a pas de silice colloïdale dans les eaux naturelles ne peut être reconnue exacte. Elle est même, sans aucun doute, complètement erronée.

D'après les observations de H. EHRART, on se trouve en présence d'un cycle biologique et biochimique complet. On est obligé d'admettre qu'entre les très hauts polymères de silice qui constituent le test des diatomées et la silice monomoléculaire qui servira à former de nouveaux tests, il existe nécessairement tous les états intermédiaires possibles.

Que la silice colloïdale se trouve toujours présente aux différents stades de la dépolymérisation, découle donc du simple bon sens.

D'après le même auteur, la silice colloïdale d'origine biologique représente l'état dominant de la silice dans la

plupart des eaux du monde. Son pourcentage est généralement très supérieur à celui de la silice monomère, dosée par simple colorimétrie directe.

11. - Les chlorophylles.

Au point de vue de ce facteur, nous ne possédons, pour autant que nous le sachions, que la thèse de C. DE PAUW (1974-1975) et les chiffres de R. WOLLAST & O. BECKERS obtenus au cours de la « Campagne Estuaire » des 17-19.IX.1973 (Tableau 59).

Sur le trajet Vlissingen-Zandvliet, il a mesuré en moyenne de 5 à 7 µg/litre jusque environ 13-17 µg/litre. Toutes les valeurs observées étaient comprises entre 1,3 et 53,4 µg/litre.

Dans le trajet Zandvliet-Gent, les moyennes obtenues d'avril à décembre montrent une concentration croissante. Les valeurs les plus élevées ont été observées entre Temse en Schoonaarde; près de Wetteren et de Gent, elles étaient un peu inférieures.

Les tableaux 60 et 61 renseignent toutes les valeurs maximales, minimales et moyennes obtenues sur tout le parcours Vlissingen-Gent.

Dans la zone euhaline-polyhaline de l'Escaut occidental, l'amplitude de la concentration est de 1 à 25 µg/litre. Dans l'Escaut oriental, au contraire, l'amplitude est de 0 à 100 µg/litre.

C. DE PAUW fait remarquer que le gradient croissant ne correspond pas toujours à une augmentation des producteurs primaires. Au printemps et en automne, février-mars et novembre-décembre, on observe souvent des concentrations relativement élevées de chlorophylle alors que nous savons que la production d'organismes à chlorophylle est minime. Il est vraisemblable que les valeurs sont à attribuer aux phaeophytines. Cette chlorophylle détritique provient entre autres d'organismes phytoplanctoniques morts apportés aussi bien depuis la mer que de l'intérieur. Il en est de même pour les déchets de végétaux croissant le long des rives, dans les slikkes et les schorres.

TABLEAU 60

Escaut. Eaux de surface. Concentration en chlorophylle α (Extraction méthanol 90 % µg/l)

(d'après C. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	Km	1967		1968		1969	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Breskens	2	9,3	3,4	11,6	3,8	23,1	2,1
Vlissingen	2	14,6	2,6	12,1	3,3	20,7	1,3
Sloehaven	5	7,9	2,8	16,5	2,5	21,5	1,7
Borzele (Boei 13)	10	12,9	2,5	12,7	3,4	26,5	4,1
Terneuzen	20	14,0	3,4	11,0	3,4	27,3	4,7
Baarland (Boei MG-E)	27	14,7	3,8	14,2	2,5	31,5	5,8
Hansweert	36	22,3	2,6	15,0	5,3	50,0	4,1
Baalhoek (Boei 60)	46	32,8	3,4	16,8	3,7	53,2	3,4
Bath	52	25,5	3,0	17,5	4,2	42,4	6,7
Zandvliet (Boei 87)	57	28,0	4,2	26,9	7,0	40,7	7,8

TABLEAU 61

 Escaut. Eaux de surface. Concentration en Chlorophylle α

 (Extraction ethanol 90 % $\mu\text{g/l}$ 1969)
 (d'après C. DE PAUW, 1974-1975)

Station	Km	Max.	Min.
Zandvliet (Boei 87)	57	16,2	0,9
Doel	61	16,2	1,6
Schijn	64	15,3	2,0
Fort Parel	67	15,5	1,3
Draai-Sluis	73	14,6	1,2
Antwerpen (Loodswezen)	78	19,0	2,0
Hoboken	86	17,4	3,5
Schelle (Rupelmonde)	91	27,5	3,2
Temse	98	30,6	3,3
St-Amands	109	33,2	2,6
Dendermonde	122	49,5	3,0
Schoonaarde	133	46,3	3,7
Wetteren	145	36,4	2,2
Gent	160	40,3	2,5

Au cours de la période estivale, les accroissements de la chlorophylle peuvent correspondre à une production autochtone d'organismes à chlorophylle. Près de Zandvliet, les points en été correspondent nettement aux augmentations très fortes de phytoplancton saumâtre.

12. - Calcium et magnésium.

Nous avons pu réaliser quelques dosages de Ca et Mg. Au cours de nos examens mensuels, nous avons observé

un minimum en Ca de 0,104 g/litre au cours du mois de juillet et un maximum en août de 0,276 g Ca/litre.

Au cours de notre expérience de 24 heures, nous avons mesuré deux maxima, respectivement : 0,229 et 0,230 g Ca/litre au voisinage de l'étales de flot ; les minima comportaient respectivement 0,143 et 0,144 et 0,153 g Ca/litre, chaque fois autour de l'étales de jusant. Nous avons calculé le rapport Ca/Cl. Pour l'eau de mer, ce facteur est de 0,02393 ; pour l'eau de l'Escaut à Liefkenshoek, nous avons trouvé à marée haute : 0,02814.

En ce qui concerne le magnésium, au cours des déterminations mensuelles, on obtient un maximum de 0,723 g Mg/litre en avril et deux minima de 0,054 g Mg/litre respectivement en janvier et février. On a calculé également le facteur Mg/Cl. En eau de mer, on trouve 0,06895 et l'eau de l'Escaut à Liefkenshoek donne un facteur de 0,06873.

Quant à l'expérience durant 24 heures, les deux maxima, 0,559 et 0,562 g Mg/litre correspondent à deux étales de flot et les minima 0,201, 0,231 et 0,240 à des étales de jusant.

Ajoutons à ce qui précède que nous avons encore déterminé les concentrations en K en Na afin de pouvoir établir les balances ioniques.

C. DE PAUW a également effectué des dosages de Ca et Mg (Tableau 63). L'auteur observe qu'à chlorinité descendante, Ca et Mg diminuent progressivement. Aux plus fortes concentrations de Cl correspondent les plus hautes valeurs de Mg et Ca. Dans le trajet saumâtre, les

TABLEAU 63

Station	Km	Mg mg/litre		Ca mg/litre	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Breskens	2	982	1392	264	420
Vlissingen	2	962	1308	208	410
Sloehaven	5	923	1560	304	400
Borsele (Boei 13)	10	790	1344	297	390
Terneuzen	20	679	1188	224	400
Baarland (Boei MG-E)	27	668	1248	280	400
Hansweert	36	488	1134	210	360
Baalhoek (Boei 60)	46	293	822	178	320
Bath	52	184	821	158	280
Zandvliet (Boei 87)	57	63	568	144	270
Doel	61	—	—	—	—
Schijn	64	25	326	100	205
Fort Parel	67	24	323	120	208
Draai-Sluis	73	—	—	—	—
Antwerpen (Loodswezen)	78	20	243	102	180
Hoboken	86	15	57	88	168
Schelle (Rupelmonde)	91	15	62	120	168
Temse	98	13	49	70	154
S-Amands	109	12	66	56	144
Dendermonde	122	14	39	98	129
Schoonaarde	133	13	68	70	129
Wetteren	145	14	63	88	132
Gent	160	0	47	72	216

concentrations en Ca sont plus basses que celles de Cl alors que dans le trajet limnique, le Ca est sensiblement plus élevé que la chlorinité.

C. DE PAUW a calculé pour quelques points le rapport Ca/Cl et Mg/Cl.

TABLEAU 62

		Mg/Cl	Ca/Cl
Breskens	21.V.1968	0,06949	0,01974
Vlissingen		0,6680	0,2020
Zandvliet		0,07346	0,03265
Antwerpen	29.V.1968	0,9167	0,1288
	2.VII.1968	0,18108	0,3299
Schoonaarde	»	0,03200	1,5466
Gent		0,03600	1,7066
Schoonaarde	2.IV.1968	0,19277	1,4939
Gent		0,21951	1,5122
Antwerpen		0,14150	0,5754

Le rapport de Ch. VAN BEVEREN (Techn. Rept. O.M. 1978.05. Croisières « Matières organiques », U.L.B. Bruxelles) apporte une contribution très importante en ce qui concerne les matières organiques particulières et la part de phytoplancton dans le stock total de matières organiques particulières.

Nous en extrayons les données pour Oostende et Hansweert, dans le Bas-Escaut.

TABLEAU 66

Matières organiques particulières

	Oostende	Hansweert
<i>Juillet 1977:</i>		
Chlorophylle α $\mu\text{g/litre}$	12,07	9,35
Phaeophytine α $\mu\text{g/litre}$	9,48	9,16
Protéines $\mu\text{g/litre}$	2693	1432
Hydrates de carbone $\mu\text{g/litre}$	2167	843
Lipides $\mu\text{g/litre}$	341	170
Rapport C/N poids	8	6,9
<i>Octobre 1977:</i>		
Chlorophylle α $\mu\text{g/litre}$	2,60	3,03
Phaeophytine α $\mu\text{g/litre}$	1,32	1,45
Protéines $\mu\text{g/litre}$	525	350
Hydrates de carbone $\mu\text{g/litre}$	229	349
Lipides $\mu\text{g/litre}$	144	135
Rapport C/N poids	7,6	11
Amines primaires		
<i>Juillet 1977:</i>		
Glycine	85	165
N/litre μg	16,15	31,35
<i>Octobre 1977:</i>		
Glycine	286	75
N/litre μg	53	14

Pour terminer cet aperçu sur l'estuaire de l'Escaut, nous donnons encore ci-après une analyse que nous avons pu effectuer le 5.VIII.1957 à Liefkenshoek.

TABLEAU 64

Eaux de l'Escaut

(d'après P. HERMAN & J. BOUQUIAUX, 1973)

	Wetteren		Dendermonde	Temse		Hoboken		Doel	
	1-72	5-73	5-73	1-72	5-73	1-72	5-73	1-72	5-73
O ₂ %	46,0	0	0	24,4	0	40,8	0	54,7	8,5
Mat. susp. mg/l	80	90	230	370	65	490	170	230	245
N. total mg/l	62,7	23,7	20,5	54,0	15,6	49,3	15,7	56,0	7,2
N. ammoniacal mg/l	48,5	18,8	16,5	32,5	12,2	29,1	11,2	28,0	6,8
NO ₂ mg/l	neg.	0,02	0,02	neg.	0,02	neg.	0,01	neg.	0,12
NO ₃ mg/l	0	0,08	0,01	1,8	0,01	5,4	0,005	3,0	0,09
PO ₄ mg/l	6,0	17,2	13,3	7,3	12,2	2,8	10,8	1,9	3,7
Cl mg/l	200	194	236	300	608	110	1030	4900	7700
SO ₄ mg/l	285	309	266	164	253	280	300	774	118

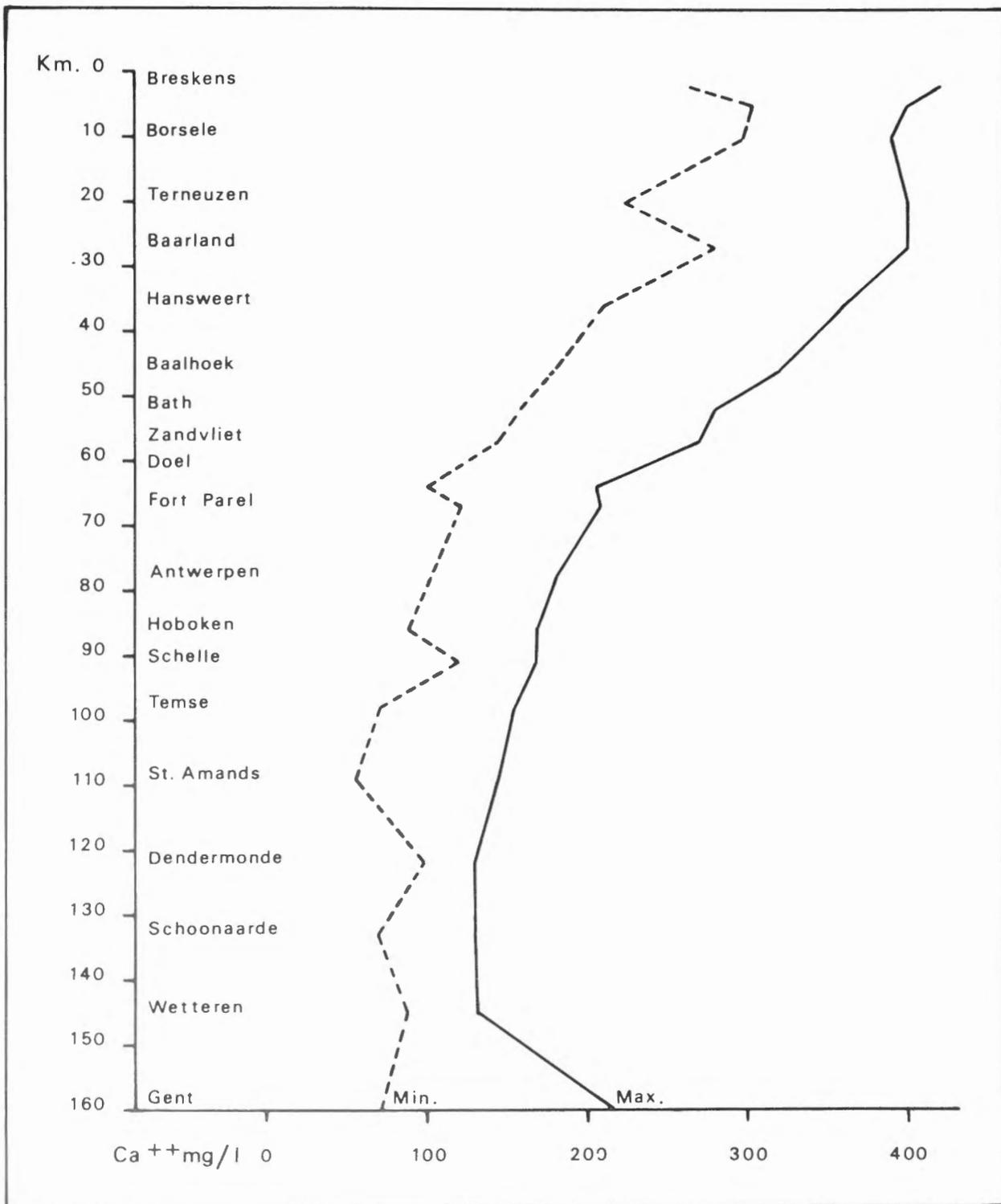


FIG. 14. — Evolution du calcium dans l'estuaire de l'Escaut.
(Valeurs suivant C. DE PAUW).

TABLEAU RÉCAPITULATIF

Année 1969
(d'après C. DE PAUW, 1974-1975)

Stations	Km	°C		Transp. cm	Mat. susp. mg	pH	Cl g/l	O ₂ %	Azote			Total PO ₄ mg/l	Dissous Ort. + pol	P Minér. ortho	poly	Organ. susp.	SiO ₂ mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Chlorophylle	
		Min.	Max.						NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N mg/l									(methanol) µg/l	(ethanol) µg/l
Breskens	2	4,0	19,2	51	73	7,81	15,43	95,8	1,0	23	1,0	0,84	0,43	0,32	0,10	0,49	0,8	1112	329	10,0	—
Vlissingen	2	4,0	19,6	79	51	7,84	15,16	92,7	0,9	24	1,0	0,61	0,63	0,46	0,15	0,18	0,9	1056	324	7,4	—
Sloehaven	5	3,5	19,9	70	55	7,82	14,82	91,0	1,6	27	1,2	0,63	0,47	0,40	0,14	0,17	0,9	1109	329	8,0	—
Borsele	10	3,5	20,3	64	64	7,81	14,10	88,1	1,6	35	1,5	0,74	0,53	0,49	0,10	0,21	1,1	1040	331	9,8	—
Terneuzen	20	3,0	20,3	50	69	7,76	12,97	83,8	1,7	46	1,7	0,93	0,78	0,65	0,08	0,30	1,5	925	298	9,8	—
Baarland	27	3,0	20,3	42	82	7,67	12,89	82,3	2,0	53	1,9	0,96	0,65	0,58	0,10	0,31	1,8	909	308	12,1	—
Hansweert	36	3,0	21,0	47	73	7,62	10,45	78,2	2,6	79	2,2	1,15	0,81	0,69	0,13	0,37	2,7	792	279	13,7	—
Baalhoek	46	3,7	21,3	38	71	7,53	7,38	53,3	3,9	73	2,3	1,72	0,97	0,72	0,15	0,80	4,1	598	246	14,5	—
Bath	52	2,6	21,0	28	124	7,52	5,50	35,5	4,8	101	2,2	2,81	1,22	0,93	0,22	1,62	5,2	516	226	13,9	—
Zandvliet	57	2,8	21,4	22	163	7,46	3,79	18,8	5,7	90	1,3	3,22	1,17	0,95	0,19	2,47	6,0	336	192	17,3	7,1
Doel	61	3,0	18,9	26	129	7,49	2,87	14,0	7,2	100	0,8	3,27	1,41	1,09	0,24	1,86	6,7	—	—	—	8,5
Schijn	64	3,0	19,0	24	149	7,50	2,10	9,3	8,3	86	0,6	4,12	1,41	1,18	0,21	2,70	7,3	169	165	—	8,1
Fort Parel	67	3,0	19,2	25	110	7,49	1,88	9,2	7,6	86	0,7	3,67	1,25	1,03	0,21	2,42	7,8	150	175	—	8,0
Draai-Sluis	73	3,0	19,5	20	188	7,52	1,288	6,9	7,4	107	0,7	4,52	1,31	1,04	0,24	3,11	8,5	—	—	—	7,6
Antwerpen	78	3,8	23,0	12	299	7,45	0,932	6,2	7,5	95	0,7	5,52	1,87	1,30	0,37	4,06	8,6	280	145	—	8,8
Hoboken	86	3,3	23,4	12	199	7,43	0,433	7,8	6,6	85	0,6	5,32	2,22	1,60	0,44	3,59	8,8	36	131	—	8,0
Schelle	91	4,5	24,2	9	328	7,40	0,233	6,8	6,5	79	0,9	5,50	2,56	1,78	0,41	3,52	9,4	34	138	—	8,7
Temse	98	2,9	23,8	12	289	7,41	0,134	7,7	6,6	87	1,1	5,21	2,84	1,81	0,55	3,12	8,8	25	121	—	12,0
St-Amands	109	3,0	24,0	23	154	7,42	0,099	12,9	6,3	140	1,6	4,96	2,82	2,09	0,49	2,54	9,1	24	116	—	12,2
Dendermonde	122	3,0	24,0	23	90	7,44	0,096	15,4	6,6	145	1,5	5,30	4,12	2,88	0,95	1,78	9,3	24	112	—	13,2
Schoonaarde	133	3,5	24,0	17	90	7,39	0,100	16,6	6,4	142	1,8	6,11	4,19	2,98	0,85	2,48	9,2	29	105	—	12,5
Wetteren	145	3,5	24,5	18	56	7,39	0,098	18,7	6,8	161	1,9	5,52	4,32	3,53	0,84	1,54	9,5	27	105	—	9,2
Gent	160	4,5	24,2	19	65	7,22	0,186	18,6	7,6	113	1,4	6,19	3,40	2,38	0,78	3,23	9,2	20	131	—	9,9

TABEAU 67

Marée Heure	Mi-flot 8.24	Haute 11.12	m-jusant 14.42	Basse 18.11
°C	20,75	20,75	21,25	21,9
pH	7,4	7,57	7,52	7,49
Alcalinité	3,585	3,386	3,381	3,632
Cl g/litre	6,586	8,752	7,712	5,599
SO ₄ g/litre	1,001	1,271	1,129	0,844
Ca g/litre	0,238	0,268	0,255	0,220
Mg g/litre	0,515	0,661	0,588	0,438
Na g/litre	3,250	4,670	4,150	2,970
K g/litre	0,155	0,224	0,181	0,149
NO ₃ g/litre	9,250	7,425	0,050	9,150
NO ₂ g/litre	2,720	1,780	2,200	3,260
PO ₄ g/litre	0,382	0,275	0,340	0,340

Avec cette étude, nous avons essayé d'établir les variations des divers facteurs physiques et chimiques du seul estuaire « naturel » que nous possédons encore dans notre pays.

Nous étudierons ci-après les autres estuaires, celui de l'IJzer à Nieuwpoort, du Noord-Eede à Oostende, constitué, en réalité, par le port artificiel.

Avant d'entreprendre l'examen de l'évolution de SiO₂ dans l'estuaire, nous tenons à signaler qu'une erreur regrettable s'est glissée dans notre publication au sujet de l'Escaut à Liefkenshoek (1958, Bull. Inst. R. Sc. Nat. Belg., XXXIV, n° 4, tableaux 5, 8 et 18). Les résultats pour la silice sont en réalité à diviser par 10 et le chiffre 267,5 doit être 2,675.

Durant l'année 1950-1951, on a relevé à Doel des concentrations variant de 1,675 à 1,808 mg SiO₂ dissous par litre.

L'expérience de 24 heures (le 3-4.X.1951) montre des variations de 0 à 6,63 mg/litre. Les concentrations les plus élevées correspondent aux marées basses, dans les grandes lignes, les minima étant situés aux environs des marées hautes. Nous avons ainsi les concentrations aux deux flux : 1,81 et 2,99 mg/litre et aux trois reflux : 6,634, 6,663 et 4,81 mg SiO₂ par litre. La comparaison avec l'eau de la Mer du Nord au West-Hinder (L. VAN MEEL, 1959) montre que les concentrations dans l'eau du Bas-Escaut maritime sont supérieures à celles observées en mer où on relève, en effet, qu'en 1953 SiO₂ s'élève de 1,77 à 4,28 mg/litre de janvier à la mi-mai ; on mesure SiO₂ = 0 de mai à la mi-décembre et à la fin de l'année, on obtient 1,49 mg/litre.

L'influence des eaux d'amont est donc indéniable.

La comparaison des valeurs obtenues respectivement par R. WOLLAST et C. DE PAUW conduit à la confirmation d'une diminution progressive de la concentration de la silice depuis l'amont vers l'aval, due d'une part à des activités biologiques diverses et, sans doute, pour une large part à des réactions d'ordre physico-chimique se manifestant, d'après plusieurs auteurs, dans les estuaires, sous l'influence entre autres des électrolytes de l'eau marine.

Le comportement du calcium sur le parcours Gent-estuaire-Mer du Nord est assez difficile à saisir correctement. Malgré des variations locales, on constate que les concentrations augmentent considérablement vers l'aval pour y atteindre approximativement celles de l'eau de mer (WEST-HINDER, en moyenne 459,1 mg/litre en 1951, et 453,2 mg/litre en 1952 (L. VAN MEEL, 1972). En 1950-1951, nous avons enregistré à Doel de 143 à 276 mg/litre.

Chez C. DE PAUW, la différence entre minima, du km 2 au km 145, est de 176 ; entre maxima : 288. Nous n'avons pas pris le km 160, le maximum nous paraissant un peu aberrant. Il n'y a donc aucun doute à l'augmentation progressive du Ca vers l'embouchure. Au km 91, le confluent du Rupel en face de Rupelmonde, l'augmentation du minimum de 88 à 120 mg/litre pourrait s'expliquer par des apports du Rupel.

Au km 61, à Doel, nos résultats s'intègrent parfaitement dans la série de C. DE PAUW.

Lorsqu'on prend comme base la concentration du Ca dans le Canal Albert, ayant son point terminus dans le port, en mars un maximum de 67,7 mg/litre et en octobre un minimum de 47,5 mg/litre, on est amené à considérer les quantités relativement élevées dans l'estuaire comme provenant vraisemblablement des apports marins par les marées hautes.

TABEAU 68

SiO₂ mg/litre sur le trajet Gent-Estuaire

Km	C. DE PAUW		R. WOLLAST	L. VAN MEEL
	Min.	Max.		
2	0,3	1,8	0,4	
2	0,3	2,0	0,55	
5	0,3	1,6	0,8	
10	0,3	2,8	0,55	
20	0,4	3,4	1,25	4,9 (Terneuzen)
27	0,4	4,6	0,70	
36	0,5	6,4	1,4	7,5 (Walsoorden)
46	0,8	7,4	2,2	
52	1,1	10,4	1,9	
57	1,6	10,4	1,85	
61	3,8	10,0	2,9	1,5 13,2 1,8 9,41 (Doel)
64	3,6	10,4	—	0,0 6,6
67	4,6	10,4	3,55	
73	7,0	11,0	3,85	
78	4,8	13,0	4,45	
86	7,2	12,0	4,00	
91	7,4	12,8	6,10	
98	6,8	11,8	6,10	
109	7,6	11,8	7,75	
122	7,4	12,6	8,35	
133	7,5	11,8	9,60	
145	8,8	12,6	10,00	
160	8,2	12,6	13,00	
			13,50	

TABLEAU 69

Ca mg/litre sur le trajet Gent-estuaire

Km	DE PAUW			L. VAN MEEL		
	Min.	Max.	Diff.	Min.	Max.	Diff.
2	264	420	156			
2	208	410	202			
5	304	400	96			
10	297	390	93			
20	224	400	176			
27	280	400	120			
36	210	360	150			
46	178	320	142			
52	158	280	122			
57	144	270	126			
61	—	—	—	Doel 143	276	133
64	100	205	105			
67	120	208	88			
73	—	—	—			
78	102	180	78	Antwerpen 47,5	67,7	(Canal Albert)
86	88	168	80			
91	120	168	40	Rupelmonde		
98	70	154	84			
109	56	144	88			
122	98	129	31			
133	70	129	59			
145	88	132	44			
160	72	216	144			

Au début de ce chapitre, nous nous étions posé la question de savoir jusqu'à quel endroit le fleuve est vraiment saumâtre.

Au moyen des chiffres publiés jusqu'ici au sujet de la chlorinité de ses eaux, nous avons essayé de composer une esquisse depuis l'embouchure jusqu'à la première écluse à Gent, soit d'un parcours de quelque 160 kilomètres.

Malgré le nombre d'observations relativement peu élevé publiées par différents auteurs, additionnées aux nôtres, nous avons néanmoins établi les extrêmes observés et les avons mis en parallèle avec le schéma proposé à l'origine par H.C. REDEKE, dans lequel les chlorinités sont exprimées en Cl/g par litre et non en salinité (Tableau 70).

Il est évident que ce tableau montrerait des différences appréciables entre la marée haute et la marée basse, d'après les endroits examinés.

Ainsi, à marée haute, on observe :

Eau de mer		du km 0 à km 5	
Polyhaline	10 à 17 ‰	5	52
Mesohaline	1 10	52	86
Oligohaline	0,1 1	91	160

A marée basse, au contraire, on obtient :

Eau de mer

Polyhaline	10	à 17 ‰	du km 0 à km 10
Mesohaline	1	10	10 46
Oligohaline	0,1	1	46 73

Eau douce ou

limnique	0,1	73	160
----------	-----	----	-----

Comme il fallait s'y attendre, à marée basse, l'eau de mer polyhaline a été éliminée d'une avancée d'eau limnique à 0,1 g Cl‰ aux écluses à Gand.

A marée haute, l'eau est donc mesohaline jusque Hoboken environ, en amont de Antwerpen. Ce qui confirme l'observation de J. MASSART (1908) qui, à son époque, décrivait l'eau du fleuve comme étant saumâtre jusqu'à Burght environ.

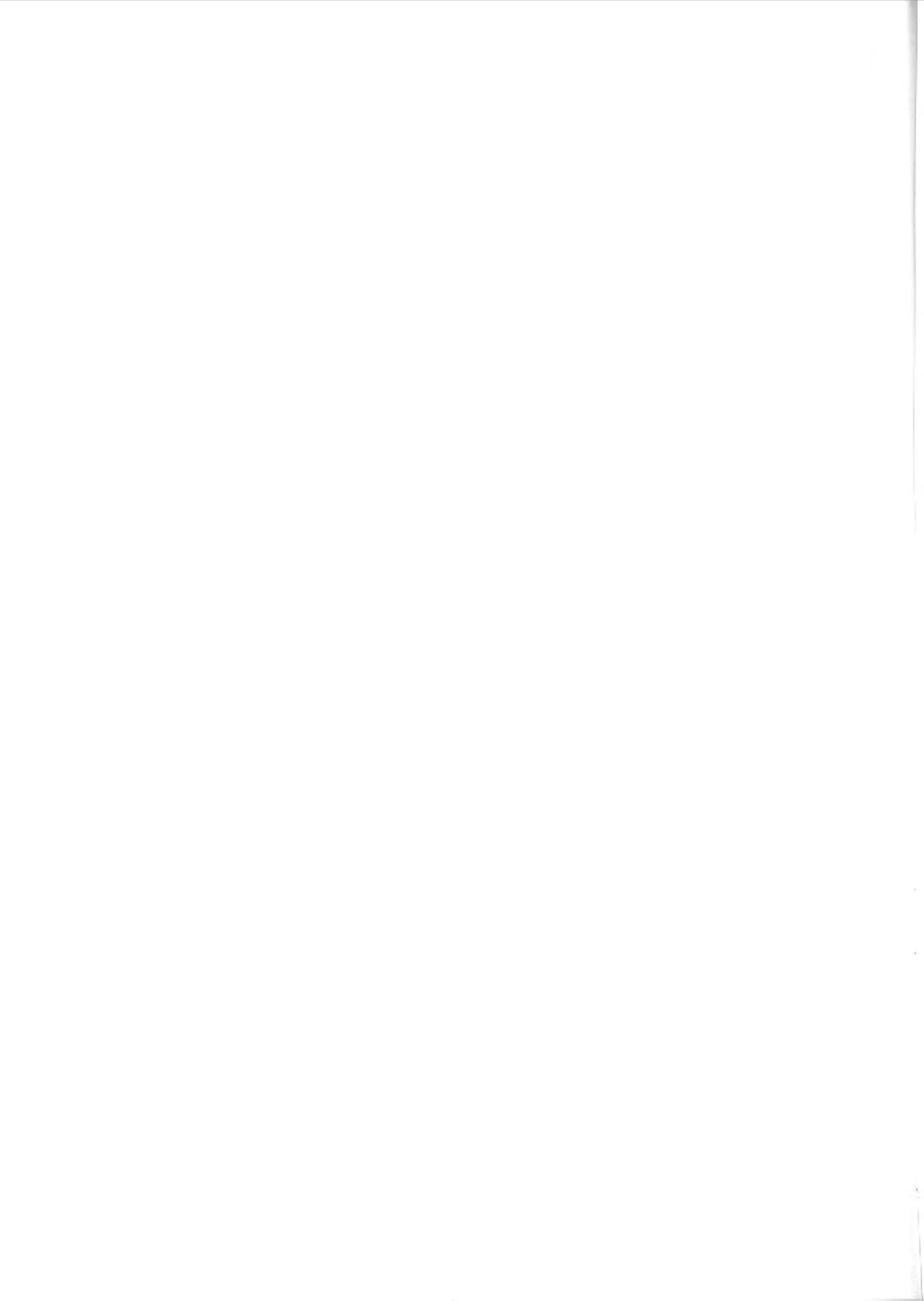
Il va de soi que, suivant des influences locales, certains chiffres aberrants peuvent se manifester. Des analyses réparties sur plusieurs années, à ces différents endroits pourraient circonscrire le problème plus étroitement. Néanmoins, nous croyons que, dans les grandes lignes, les observations résumées dans le tableau, s'approchent de la réalité.

En ce qui concerne la question posée au sujet de la répartition du plancton, celle-ci sera traitée dans le chapitre XIII.

TABLEAU 70

Chlorinités en g Cl‰ suivant le trajet de l'embouchure jusqu'à Gent
(Données de la littérature)

Km		Max.		Min.	
2	Breskens	16,30	Eau de mer	13,70	Polyhaline 10 à 17‰
2	Vlissingen	17,50		13,41	
5	Sloehaven	17,22		12,70	
10	Borsele (Boei 13)	16,90	Polyhaline 10 à 17‰	11,11	Mesohaline 1 à 10‰
20	Terneuzen	15,60		9,31	
27	Baarland (Boei Mg E)	16,00		8,49	
36	Hansweert	13,48		6,41	
46	Baalhoek (Boei 60)	12,20		2,38	
52	Bath	10,76		0,83	Oligohaline 0,1 à 1‰
57	Zandvliet (Boei 87)	9,22	Mesohaline 1 à 10‰	0,25	
61	Doel	8,87		0,18	
	Lillo	9,91		0,585	
64	Schijn	7,02		0,08	
73	Draai-Sluis	3,18		0,15	
78	Antwerpen	4,40		0,07	Eau douce (limnique) 0,1‰
86	Hoboken	1,32	Oligohaline 0,1 à 1‰	0,081	
	Burght	0,255		0,123	
91	Schelle	0,571		0,089	
98	Temse	0,031		0,092	
109	St.-Amands	0,245		0,057	
122	Dendermonde	0,166	0,060		
133	Schoonaarde	0,133	0,055		
143	Wetteren	0,166	0,041		
160	Gent	0,452		0,050	



CHAPITRE VIII

L'eau de l'IJzer et de l'arrière-port de Nieuwpoort

A côté de l'estuaire scaldisien, notre pays n'offre qu'un estuaire réel, encore qu'au cours des temps il ait été transformé par l'homme. C'est l'IJzer à Nieuwpoort.

Par la construction de différents canaux, les uns pour la batellerie, les autres pour l'évacuation des eaux poldériennes, cet estuaire a acquis un caractère en grande partie artificiel. La marée ne pénètre plus très avant à l'intérieur du pays.

Par six écluses, tous ces canaux aboutissent à un grand bassin et y déversent leurs eaux à marée basse ; la vitesse et le volume dépendent du niveau de l'eau dans les polders ou de l'éclusage pour la batellerie. Lors de ces éclusages, à marée basse, les canaux reçoivent fatalement de l'eau plus ou moins salée depuis le chenal. Il y donc là un va-et-vient d'eaux très diverses depuis les oligohalines jusqu'aux polyhalines, créant ainsi des biotopes tout à fait particuliers.

Ce chapitre comporte donc l'estuaire de l'IJzer proprement dit comprenant le grand bassin situé entre le pont Langebrug et les six canaux : Graningate Vliet, Canal de Plasschendaale, Crique de Nieuwendamme (ancien cours de l'IJzer), IJzer canalisé, Canal de Veurne-Ambacht, Canal de Dunkerque. En outre, un cours d'eau Koolhofvaart et le bassin à flot, tous deux en communication avec l'estuaire.

Nous nous étions proposé à l'époque d'étudier le comportement des organismes du phytoplancton vivant dans ces milieux et la physico-chimie tellement complexe de ces eaux.

Comme nous le savions depuis longtemps, l'endroit où se produit le mélange eau de mer-eau douce, est en quelque sorte un grand laboratoire où se font et se défont les réactions les plus complexes ; aussi avons-nous essayé de pénétrer davantage dans le comportement de ces eaux et avons organisé dans ce but, le 30 août 1951, un cycle de 24 heures, comportant deux marées basses et une marée haute. Nous aurions voulu établir un cycle semblable à plusieurs époques de l'année, mais des conditions pratiques en dehors de notre volonté, s'y opposaient à ce moment-là. Nous y avons néanmoins effectué des prélèvements de demi-heure en attendant de pouvoir compléter notre étude plus tard.

Comme nous l'avons écrit en 1963 (L. VAN MEEL, 1963), nous n'étions pas les premiers à nous hasarder dans le système biologique tellement compliqué des eaux saumâtres de cette région. Un des seuls travaux sur le

plancton des cours d'eau de Nieuwpoort est celui de K. LOPPENS publié en 1908. Malgré qu'il soit consacré exclusivement à l'étude du microplancton de la Crique de Nieuwendamme, il renferme quelques renseignements sur l'IJzer et l'ancien canal de Furnes. Parmi les publications qui comportent des notes sur les eaux de cette région citons : J. MASSART (1908), J. SCHOUTEDEN-WERY (1908) et W. CONRAD (1926).

Nous ne connaissons aucune recherche systématique sur les eaux saumâtres de Nieuwpoort avant 1908. Seules les récoltes de Th. COOL, pharmacien à Nieuwpoort, exécutées en 1907, sont à considérer comme base d'un premier inventaire. Les matériaux sont restés non étudiés et nous avons été très heureux de les retrouver parmi les récoltes de G. GILSON consacrées à l'exploration de la mer. A. MEUNIER, l'auteur des études bien connues sur la « Microplancton » de la « Mer Flamande » (1919), a dédié à Th. COOL un nouveau genre de Pérédiniens : *Coolia monotis* A. MEUNIER. Les Rotifères des récoltes de Th. COOL ont été étudiés, à notre demande, par M. DE RIDDER : « Recherches sur les Rotifères des eaux saumâtres. X. Les Rotifères planctoniques de Nieuwpoort et environs » (1963).

Dans ses travaux systématiques, A. MEUNIER cite quelques espèces récoltées dans le Chenal de l'IJzer et dans le Bassin à flot. Nous trouvons en outre dans les addenda du « Prodrome de la Flore belge » par E. DE WILDEMAN & Th. DURAND (1898-1907) l'énumération systématique des espèces trouvées par L. ERRERA & J. MASSART aux environs immédiats de Nieuwpoort.

Ajoutons encore les recherches de W. CONRAD (1926) sur des biotopes n'intéressant pas immédiatement les eaux dont il est question ici. Il s'agit du fossé aux Ruppia, sur la rive droite de l'IJzer, de l'huitrière de l'ouvrage à cornes, d'un ruisseau d'eau saumâtre entre Nieuwpoort et Lombaartzijde, de trous d'obus, de trous et rigoles remplis d'eau saumâtre de concentrations différentes. Ces divers biotopes ont d'ailleurs fourni à W. CONRAD un matériel considérable, particulièrement intéressant, qui a donné lieu à la publication d'un grand nombre d'espèces nouvelles.

En 1960, nous avons pu établir un programme d'exploration méthodique des eaux de la région de Nieuwpoort. Celui-ci comprenait l'étude physico-chimique des eaux et celle du phytoplancton. Nous avons pu l'effectuer dans son entièreté au cours d'une année. Il s'agit ici

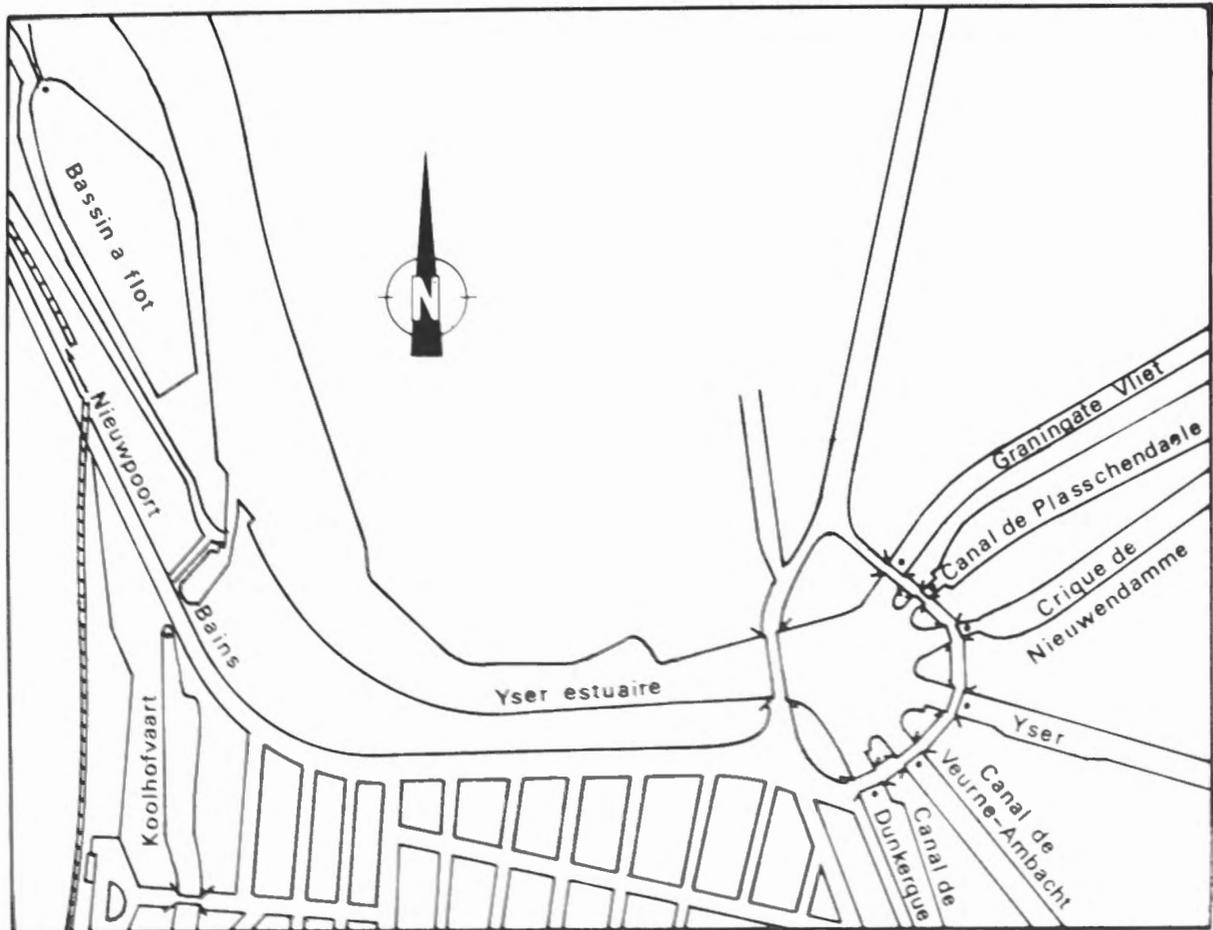


FIG. 15. — Situation des canaux et des points de prélèvement.

de visites mensuelles au cours desquelles des mesures sur place furent exécutées, suivies, au laboratoire de l'Institut des Sciences Naturelles de Belgique, de l'analyse des eaux et du phytoplancton récoltés. Au laboratoire, les examens ont été effectués dans le plus bref délai.

Au cours du mois de mai 1951, toutefois, les observations furent suspendues par une pluie torrentielle, de

sorte que quelques biotopes seulement ont pu être examinés, lacune que nous ne pouvons combler.

Dans notre publication de 1963, nous avons examiné successivement les détails les plus importants au sujet de l'origine et de la géographie de chacun des canaux.

Nous avons subdivisé ceux-ci en deux catégories : les canaux flottables et les non flottables.

TABLEAU 71

Minima, maxima et amplitude des divers facteurs écologiques pour les quatre canaux flottables

Facteurs	Canal de Plasschendaale		Ijzer canalisé		Canal Veurne-Ambacht		Canal Dunkerque	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
pH	9,0	6,2	8,6	6,8	8,5	6,8	8,47	6,8
Turbidité	30,0	4,6	30,0	4,6	30,0	3,5	30,0	5,0
O ₂ ‰	235,48	78,19	196,34	76,04	213,58	68,82	169,54	77,39
Alcalinité	5,500	2,279	4,300	3,118	8,316	3,660	7,178	2,63
Cl g/l	5,164	0,730	9,034	0,106	9,114	0,370	15,67	0,459
SO ₄ g/l	0,722	0,108	1,252	0,099	1,446	0,049	2,220	0,065
NO ₃ mg/l	80,0	0,0	93,5	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
PO ₄ mg/l	0,8	0,0	4,75	0,0	5,88	0,0	0,8	0,0
SiO ₂ mg/l	49,32	10,7	53,25	10,7	42,8	13,37	53,50	16,65
Ca mg/l	196	109	256	88,0	265,0	118,0	345,0	124,0
Mg mg/l	353	45	606,0	29,0	629,0	27,0	1052,0	32,0

TABLEAU 72

Minima, maxima et amplitude des divers facteurs écologiques pour trois canaux non flottables

Facteurs	Graningate Vliet		Crique de Nieuwendamme		Koolhofvaart	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
pH	8,72	6,8	8,95	6,8	8,25	6,8
Turbidité	30,0	6,0	30,0	3,0	30,0	4,0
O ₂ %	221,22	25,77	208,5	28,43	252,94	44,29
Alcalinité	9,700	5,529	6,790	3,300	8,964	5,800
Cl g/l	12,697	0,370	8,730	0,300	6,153	0,347
SO ₄ g/l	1,771	0,082	1,275	0,076	0,841	0,049
NO ₃ mg/l	80,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
PO ₄ mg/l	2,110	0,0	1,200	0,0	2,900	0,0
SiO ₂ mg/l	46,82	0,0	42,80	0,0	53,50	0,0
Ca mg/l	321,0	131,0	253,0	118,0	214,0	132,0
Mg mg/l	859,0	45,0	588,0	33,0	421,0	27,0

Afin de nous faire une idée au sujet des changements survenant dans la composition de l'eau au moment du mélange eau douce - eau saumâtre - eau de mer, nous avons supposé les six canaux déversant progressivement leur eau ensemble. Nous avons calculé la moyenne mensuelle pour les six canaux pour les comparer à la composition de l'eau du bassin.

On a calculé en même temps les facteurs Ca/Cl, Mg/Cl, SO₄/Cl, Ca/Mg et l'alcalinité spécifique: Alc/Cl.

Nous n'avons eu qu'une seule fois l'occasion d'effectuer une mesure complète de l'évolution de la température, de l'oxygène en mg/litre ou en saturation, du pH, lors d'une étude durant 24 heures comprenant un flux et deux reflux, dans le grand bassin de Nieuwpoort (Langebrug), le 3 octobre 1951 (Tableau 83).

A. — CANAUX NON FLOTTABLES

1. — Graningate Vliet.

En abordant la ville de Nieuwpoort par la route d'Ostende, on rencontre en premier lieu le Canal d'évacuation Graningate Vliet.

Il provient des environs de Mariakerke et de Steene où il porte le nom d'Albertus Geleed. A hauteur de Wilskerke, il rejoint un autre Canal : Sluisvaart qui, plus loin, deviendra la Graningate Vliet.

Ces canaux reçoivent les eaux de surface de toute la région comprise entre Mariakerke, Steene, le Polder de Snaeskerke, Leffinghe, Wilskerke, et, tenant compte des siphons que nous n'avons pu vérifier, peut-être de beaucoup plus loin encore.

2. — Crique de Nieuwendamme.

Cette crique est en réalité un ancien bras de l'IJzer. Comme l'a écrit K. LOPPENS (1908) : depuis qu'un canal a été creusé en ligne droite de Saint-Georges à Nieuwpoort pour faciliter la navigation, l'ancien bras ne sert plus qu'à évacuer les eaux pluviales des polders environnants, en communication avec la crique par de nombreux ruisseaux et petits cours d'eau.

Elle n'est plus navigable. C'est à une rupture de digue due à la destruction, en 1134, du port de Lombartzijde. Il est probable qu'en même temps le cours de l'IJzer fut obstrué. La rivière cessa de passer par Lombartzijde et se creusa un nouveau lit qui passait à Santhoven. Un nouveau port se forma en ce point, d'où le nom de Nieuwpoort qui lui fut donné.

C'est le canal de Nieuwendamme. Ce lit est également abandonné, depuis qu'un nouvel IJzer a été creusé en 1634 à 1661 (J. MASSART, 1908).

3. — Koolhofvaart.

Encore appelée Oude Veurne Vaart. Au Sud de la ville, ce canal passe en siphon en dessous du Canal de Dunkerque. Il est en relation directe ou indirecte avec nombreux autres cours d'eau. Sous le nom erroné de Venepevaart, il est rejoint par les Beverdijkvaart et Oude Vaart. Il reçoit ainsi les eaux de drainage d'une région très étendue.

Ce cours d'eau existait avant le creusement de Nieuwpoort à Veurne et avant le Langelis. Il suivait le cours du Koolhofvaart actuel, passait à l'Ouest de Nieuwpoort (appelé maintenant : ancien canal de Furnes) et se déversait dans l'estuaire de l'IJzer à l'endroit où l'on a construit plus tard l'écluse de l'Occident appelée Kattesas. Cette écluse se trouve le long du canal de Nieuwpoort à la mer (K. LOPPENS, 1932).

TABLEAU 73

Graningate Vliet

	Alcalinité	méq.	Cl g/l	méq.	Total méq.	CO ₂ %	Cl %	Alc. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
IX	5,68	5,68	12,697	358,095	400,648	1,417	96,118	0,447	0,139	0,023	0,068	0,345
X	5,90	5,90	5,069	142,962	166,75	3,538	85,734	1,163	0,145	0,039	0,073	0,534
XI	9,108	9,108	0,67	18,896	32,663	27,884	57,851	13,594	0,174	0,296	0,094	3,143
XII	6,534	6,534	0,37	10,435	19,730	33,117	52,889	17,659	0,220	0,365	0,128	2,842
I	9,65	9,65	0,677	19,094	31,829	30,318	59,989	14,254	0,144	0,301	0,074	4,080
II	9,7	9,7	0,704	19,855	32,572	29,780	60,957	13,778	0,153	0,295	0,072	4,078
III	9,07	9,07	0,521	14,694	27,967	32,427	52,540	17,409	0,190	0,399	0,086	4,622
IV	6,40	6,40	2,202	57,083	70,386	9,095	81,099	2,906	0,137	0,072	0,070	1,025
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI	6,20	6,20	6,949	195,983	224,052	2,770	87,472	0,892	0,140	0,032	0,068	0,472
VII	5,53	5,53	12,988	366,303	411,068	1,345	89,110	0,425	0,136	0,025	0,068	0,366
VIII	5,78	5,78	11,224	316,552	354,865	1,629	89,203	0,515	0,137	0,026	0,068	0,382
IX	6,685	6,685	0,970	27,498	39,169	17,067	70,203	6,892	0,196	0,135	0,071	1,899

TABLEAU 74

Cal Nieuwendamme

	Alcalinité	méq.	Cl g/l	méq.	Total méq.	CO ₂ %	Cl %	Alc. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
IX	3,88	3,88	8,73	246,214	276,632	1,402	89,727	0,444	0,146	0,029	0,067	0,430
X	5,2	5,2	4,679	131,063	152,382	3,412	86,009	1,113	0,141	0,040	0,067	0,596
XI	4,405	4,405	0,397	11,197	19,954	22,075	50,722	11,096	0,237	0,305	0,091	3,361
XII	3,564	3,564	0,3	8,461	15,149	23,526	35,964	11,880	0,253	0,393	0,090	4,370
I	6,272	6,272	0,608	17,148	26,181	23,956	71,580	10,316	0,174	0,219	0,063	3,500
II	6,79	6,79	0,66	18,614	28,925	23,474	79,296	10,288	0,164	0,218	0,067	3,273
III	5,577	5,577	0,452	12,748	21,776	25,610	58,541	12,338	0,201	0,278	0,073	3,818
IV	5,319	5,319	1,459	41,148	56,066	9,487	73,392	3,646	0,191	0,095	0,079	1,200
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI	3,638	3,638	4,285	120,851	140,696	2,585	85,895	0,849	0,177	0,042	0,069	0,615
VII	3,977	3,977	3,640	102,660	119,374	3,331	85,998	1,093	0,138	0,047	0,068	0,696
VIII	3,3	3,3	3,745	133,824	151,570	2,177	88,297	0,695	0,137	0,040	0,068	0,589
IX	5,637	5,637	0,983	27,724	37,285	15,118	74,356	5,734	0,138	0,131	0,069	1,897

TABLEAU 75

Koolhofvaart

	Alcalinité	méq.	Cl g/l	méq.	Total méq.	CO ₂ %	Cl %	Alcal. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
X	5,80	5,80	13,477	98,062	144,064	5,084	85,971	0,430	0,036	0,013	0,018	0,712
XI	8,217	8,217	1,208	34,069	47,170	17,419	72,225	6,802	0,137	0,117	0,075	1,549
XII	6,534	6,534	1,649	46,507	60,190	10,855	77,266	3,962	0,139	0,087	0,072	1,220
I	7,816	7,816	0,634	17,881	29,458	26,532	60,699	12,328	0,150	0,211	0,076	2,792
II	7,954	7,954	0,721	20,334	32,751	24,286	62,086	11,032	0,140	0,200	0,075	2,667
III	7,420	7,420	0,417	11,761	22,797	32,548	51,590	17,794	0,132	0,341	0,091	3,737
IV	6,107	6,107	0,956	26,962	38,301	15,944	70,396	6,388	0,137	0,138	0,072	1,913
V	6,994	6,994	0,347	9,787	19,584	35,712	49,974	20,156	0,141	0,403	0,078	5,185
VI	6,014	6,014	1,992	56,181	70,704	8,505	79,459	3,019	0,170	0,073	0,069	1,058
VII	5,044	5,044	6,153	173,599	198,647	6,539	87,390	0,820	0,137	0,035	0,068	0,508
VIII	8,364	8,364	1,120	31,588	43,821	19,086	72,084	7,468	0,104	0,127	0,067	1,893
IX	8,964	8,964	0,861	24,283	37,674	23,793	64,455	10,411	0,190	0,172	0,074	2,313

TABLEAU 76

Cal de Plassendaele

	Alcalinité	méq.	Cl g/l	méq.	Total méq.	CO ₂ %	Cl %	Alcal. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
IX	4,72	4,72	5,164	145,641	165,601	2,850	87,946	0,914	0,140	0,038	0,068	0,555
X	5,5	5,5	3,485	92,288	114,583	4,8	85,778	1,578	0,138	0,048	0,068	0,716
XI	2,376	2,376	0,75	21,152	27,726	8,579	76,289	3,168	0,144	0,148	0,064	2,513
XII	3,168	3,168	0,79	22,281	29,913	10,59	74,486	4,010	0,149	0,159	0,067	2,377
I	3,376	3,376	0,764	21,547	28,659	11,779	75,184	4,419	0,141	0,165	0,064	2,571
II	2,619	2,619	0,912	25,721	33,147	7,901	77,596	2,872	0,146	0,140	0,066	2,133
III	2,279	2,279	0,730	25,188	26,618	8,561	94,627	3,122	0,148	0,149	0,062	2,422
IV	2,463	2,463	2,432	68,590	78,866	3,123	86,970	1,013	0,130	0,054	0,068	0,800
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI	4,365	4,365	2,386	67,293	78,986	5,526	85,196	1,829	0,135	0,064	0,070	0,916
VII	4,244	4,244	2,844	80,210	95,338	4,451	84,132	1,492	0,134	0,056	0,067	0,827
VIII	2,614	2,614	0,982	27,696	34,652	7,543	79,926	2,662	0,149	0,120	0,063	1,903
IX	4,226	4,226	2,405	67,829	79,870	5,291	69,305	1,757	0,136	0,061	0,068	0,890

B. CANAUX FLOTTABLES**a. Le Canal de Plasschendaele.**

Ce canal dont l'écluse à Nieuwpoort porte le nom de Gravesluis, a été creusé, d'après K. LOPPENS (1933) en 1638. Il porte parfois sur les cartes le nom de Canal de Nieuwpoort.

Il relie Nieuwpoort au Canal d'Oostende à Gent auquel il se joint à Plasschendaele.

b. IJzer canalisé.

L'IJzer canalisé est muni d'une écluse dénommée Iepersluis. Une écluse fut construite dans la rivière en 1293. En 1500 on en édifie une plus grande près de la ville et, en 1643, on construit une grande écluse à sas à Nieuwpoort même.

Un canal fut construit pour rectifier le cours de l'IJzer la même année et terminé seulement en 1660 (K. LOPPENS, 1932).

c. Canal d'évacuation Veurne-Ambacht.

Ce canal reçoit les eaux d'un autre canal venant du Sud : Noordvaart ou encore Grote Beverdijkvaart. Il est aussi en relation avec la Koolhofvaart près du pont du chemin de fer de Diksmuide et du Canal de Dunkerque.

d. Canal de Dunkerque.

L'écluse de ce canal porte le nom de Veurnesluis. Le canal appelé aussi Canal de Dunkerque à Furnes, fut construit par décret royal en date du 13 août 1638 et l'achèvement de ce travail date de l'année 1642 (L. DOLEZ, 1907). A Furnes, il est rejoint par le Canal de Loo qui est relié à Eintelle, point terminal du Canal. D'autre part, par l'intermédiaire des fossés d'enceinte de la ville de Veurne, le canal de Dunkerque est en relation avec le canal de Bergues en Flandre française.

C. BASSIN A FLOT

Le bassin à flot est situé un peu en aval de la ville de Nieuwpoort sur la rive gauche de l'IJzer avec lequel il communique par une écluse détruite par faits de guerre. Par sa situation à l'écart et en cul-de-sac, l'eau y est soumise à des renouvellements moins réguliers et jouit d'un calme relatif.

Des valeurs numériques obtenues à Nieuwpoort sur les eaux des canaux, on peut déduire :

1. - pH.

Pour la période entière, l'amplitude est de pH = 6,0 à 9,0 pour les canaux flottables.

Les canaux d'évacuation accusent pH = 6,5 à 9,0. La réaction dominante est alcaline à très alcaline.

2. - Turbidité.

Le degré de transparence d'après SNELLEN est relativement élevé.

L'histogramme de fréquence donne 35,29 — 33,33 — 23,07 % pour des degrés situés entre 25 et 30. Ce qui correspond à de l'eau optiquement vide.

TABLEAU 77

IJzer canalisé

	Alcalinité	még.	Cl g/l	még.	Total még.	CO ₂ %	Cl %	Alcal. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
IX	4,140	4,140	8,247	232,592	265,188	1,662	87,708	0,502	0,144	0,031	0,068	0,453
X	4,30	4,30	7,433	209,634	236,55	1,817	88,621	0,579	0,137	0,030	0,067	0,451
XI	3,366	3,366	0,601	2,990	9,721	34,626	30,758	31,755	0,962	0,886	0,292	3,032
XII	3,118	3,118	0,128	3,469	9,770	31,914	35,506	24,359	0,797	0,688	0,250	2,750
I	3,763	3,763	0,295	8,320	15,449	24,357	53,854	12,756	0,353	0,353	0,129	2,736
II	3,88	3,88	0,148	4,174	11,662	33,270	35,791	26,216	0,824	0,709	0,236	3,043
III	3,443	3,443	0,087	2,454	9,916	34,721	24,747	39,575	1,138	1,126	0,333	3,379
IV	3,546	3,546	1,433	40,415	52,239	6,788	77,365	2,475	0,188	0,095	0,068	1,388
V	3,201	3,201	0,252	7,107	14,711	21,759	48,310	12,702	0,409	0,365	0,167	2,190
VI	3,88	3,88	9,043	245,787	284,949	1,361	89,414	0,429	0,139	0,028	0,067	0,422
VII	3,904	3,904	3,8648	109,0	127,122	3,071	85,744	1,010	0,142	0,046	0,068	0,667
VIII	3,268	3,268	2,730	76,995	88,85	3,678	86,657	1,197	0,143	0,051	0,066	0,770
IX	3,728	3,728	0,316	8,912	16,680	22,350	53,429	11,797	0,439	0,329	0,134	2,460

TABLEAU 78

Cal Veurne Ambacht

	Alcalinité	méq.	Cl g/l	méq.	Total méq.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
IX	3,66	3,66	9,064	255,634	288,576	1,268	88,584	0,404	0,155	0,029	0,068	0,423
X	4,60	4,60	9,114	257,044	293,269	1,568	87,647	0,505	0,159	0,029	0,069	0,421
XI	8,316	8,316	0,723	20,391	31,819	26,135	64,084	11,502	0,142	0,196	0,072	0,731
XII	5,841	5,841	0,370	10,435	19,068	30,632	54,725	15,786	0,132	0,319	0,073	4,370
I	7,864	7,864	0,547	15,427	27,189	28,923	56,739	14,377	0,146	0,245	0,077	3,190
II	7,954	7,954	0,660	18,614	31,041	25,624	59,965	12,052	0,130	0,223	0,073	3,063
III	7,857	7,857	0,643	18,135	30,415	25,832	59,625	12,219	0,132	0,226	0,075	3,021
IV	6,107	6,107	3,014	85,004	102,139	5,979	82,233	2,026	0,155	0,055	0,068	0,801
V	7,043	7,043	1,068	30,121	41,775	16,859	73,102	6,595	0,147	0,125	0,071	1,763
VI	5,675	5,675	3,331	122,148	143,464	3,955	85,141	1,703	0,206	0,055	0,095	0,582
VII	3,856	3,856	3,510	99,307	115,520	3,337	85,965	1,099	0,135	0,049	0,068	0,717
VIII	5,032	5,032	5,123	144,499	164,759	3,054	87,703	0,982	0,139	0,038	0,068	0,563
IX	7,074	7,074	1,665	46,958	64,200	11,750	78,003	4,249	0,144	0,085	0,069	1,235

TABLEAU 79

Cal de Dunkerque

	Alcalinité	méq.	Cl g/l	méq.	Total méq.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
IX	4,340	4,340	10,253	289,167	323,801	1,340	89,303	0,423	0,142	0,027	0,065	0,412
X	3,80	3,80	15,670	441,944	490,051	0,775	90,183	0,243	0,135	0,012	0,019	0,609
XI	5,841	5,841	4,375	123,388	141,846	4,117	86,987	1,335	0,199	0,042	0,069	0,609
XII	5,247	5,247	0,459	12,945	21,358	24,566	60,609	11,431	0,142	0,270	0,070	3,875
I	6,224	6,224	0,652	18,388	28,400	21,915	64,746	9,546	0,149	0,196	0,067	2,909
II	7,178	7,178	1,772	49,976	64,490	11,130	77,494	4,051	0,135	0,080	0,068	1,174
III	5,917	5,917	2,111	59,537	74,945	7,895	79,440	2,803	0,142	0,073	0,072	1,020
IV	4,137	4,137	3,119	87,966	103,971	3,978	84,606	1,326	0,140	0,053	0,066	0,796
V	4,679	4,679	2,728	76,938	92,345	5,066	83,315	1,715	0,153	0,058	0,066	0,873
VI	5,238	5,238	4,053	114,307	134,252	3,901	85,143	1,292	0,165	0,045	0,069	0,662
VII	3,832	3,832	5,496	154,999	176,527	2,170	87,804	0,697	0,140	0,038	0,068	0,556
VIII	2,630	2,630	5,105	143,977	163,071	1,612	88,290	0,515	0,146	0,038	0,068	0,557
IX	4,252	4,252	5,639	159,042	180,326	2,357	88,196	0,754	0,140	0,038	0,068	0,555

TABLEAU 80

Bassin à flot

	Alcalinité	még.	Cl g/l	még.	Total még.	CO ₃ %	Cl %	Alc. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg	SiO ₂ mg/l
IX	2,76	2,76	19,191	561,581	621,076	0,444	90,420	0,144	0,137	0,021	0,068	0,316	0
X	3,0	3,0	19,179	540,908	600,205	0,499	90,120	0,156	0,138	0,021	0,068	0,315	0
XI	4,653	4,653	1,341	37,820	49,478	9,404	76,438	3,470	0,226	0,101	0,069	1,452	0
XII	4,109	4,109	1,667	47,015	60,112	6,835	78,212	2,465	0,223	0,085	0,069	1,235	23,45
I	4,777	4,777	4,830	136,221	158,258	3,018	86,075	0,989	0,154	0,041	0,068	0,596	42,80
II	4,947	4,947	3,666	103,393	121,618	4,067	85,014	1,349	0,160	0,047	0,067	0,710	21,40
III	4,85	4,85	3,857	108,780	129,332	3,750	84,109	1,257	0,172	0,047	0,069	0,672	44,94
IV	3,053	3,053	17,869	503,962	560,208	0,544	89,959	0,171	0,141	0,022	0,068	0,318	18,19
V	3,152	3,152	16,218	457,399	509,169	0,619	89,832	0,194	0,142	0,022	0,068	0,328	18,19
VI	4,074	4,074	6,509	183,574	207,011	1,966	88,678	0,625	0,143	0,033	0,068	0,489	0
VII	2,983	2,983	18,98	535,296	594,194	0,502	90,087	0,157	0,138	0,021	0,067	0,317	18,19
VIII	2,287	2,287	17,77	501,170	554,953	0,412	90,305	0,129	0,138	0,021	0,068	0,316	13,37
IX	2,828	2,828	17,6	496,375	551,040	0,513	90,079	0,161	0,138	0,021	0,068	0,318	29,96

En moyenne la transparence est un peu plus élevée dans les canaux flottables que dans les non flottables, probablement à cause d'une stagnation inférieure et une moins grande floraison d'espèces phytoplanctoniques.

3. - Oxygène.

On a pu mesurer quelques sursaturations : 235,48 % pour les canaux flottables, 252,94 pour les autres. Les cas analogues se sont manifestés généralement depuis le mois de février jusqu'en octobre. Les déficits de saturation peuvent devenir importants. On les observe le plus souvent dans les parties portuaires de Nieuwpoort, moins dans les canaux flottables et encore moins dans les non flottables.

	Minimum	Maximum
Canaux flottables	68,82 %	235,48 %
Canaux non flottables	25,77 %	252,94 %
Bassin à flot	59,27 %	131,77 %

Dans ce dernier, le bassin à flot, on n'a pu observer que deux cas de sursaturation.

4. - Alcalinité.

Sans posséder un degré d'alcalinité particulièrement élevé, les eaux des canaux et du bassin à flot ont toutes une alcalinité supérieure à celle de l'eau de mer (WEST-HINDER = 2,454), comme le montrent les moyennes.

Canaux flottables	4,530
Canaux non flottables	6,351
Bassin à flot	3,651

La végétation étant plus importante dans les canaux non flottables, il est normal que l'alcalinité y soit plus élevée. Dans le grand bassin au Langebrug, la moyenne est de 3,844.

5. - Chlorures.

Le fait d'un seul dosage de chlorures par mois sur chacun des canaux ne nous permet pas d'établir des moyennes rigoureuses : on voudra donc considérer les chiffres de notre publication de 1963 plutôt comme des ordres de grandeur.

On a pu observer néanmoins une différence plutôt minime entre les chlorinités des deux systèmes de canaux, du moins en moyenne. En outre, exception faite pour quelques cas isolés, les différences individuelles ne sont pas très élevées. On remarque bien, dans la majorité des cas, l'influence des eaux d'amont qui maintient une chlorinité assez basse.

Le bassin à flot constitue un cas particulier en ce sens qu'il est situé en cul-de-sac, communiquant librement avec l'estuaire de l'IJzer de sorte que l'eau douce sortant de l'estuaire à marée basse, est fatalement refoulée dans le bassin à marée montante. L'absence d'écluse provoque ainsi des décalages considérables puisque nous avons pu mesurer des chlorinités variant de 1,341 à 19,912 g de Cl au litre.

demi-heure, une amplitude des rapports de 0,137 à 0,154 SO_4/Cl .

Nous avons recherché les valeurs aberrantes aux fins d'examiner si elles correspondent à des variations déterminées d'autres facteurs.

On remarque assez rapidement que les valeurs anormales se manifestent surtout à des chlorinités basses. Le phénomène se produit principalement dans l'IJzer canalisé, la Crique de Nieuwendamme, la Granigate Vliet et la Koolhofvaart. L'explication de ces valeurs aberrantes est à chercher sans aucun doute dans les réductions des sulfates par les bactéries sulfureuses.

7. - Phosphates.

On a enregistré des concentrations assez élevées : de 0,436 à 0,489 mg de PO_4 par litre, respectivement pour les canaux flottables et non flottables. Toutes ces eaux se trouvent sous influence humaine, l'interprétation de ces valeurs est dès lors très délicate, surtout pour les eaux situées dans des régions à culture intensive.

8. - Nitrates.

La concentration en nitrates est souvent élevée : jusque 100 mg NO_3 ‰. Dans le courant de l'année, les variations peuvent être considérables et s'étendre entre 0 et 100 mg/litre. Malgré la similitude de la moyenne

générale pour les deux catégories de canaux, il existe des différences individuelles. Pour les canaux flottables la moyenne s'établit à 36,44 mg/litre et pour les canaux non flottables à 34,64 mg/litre.

9. - Silice.

La concentration en silice est également élevée sans atteindre toutefois des valeurs extraordinaires. Comme pour les phosphates et les nitrates, il existe une analogie entre les deux catégories de canaux. Pour les canaux flottables la moyenne est de 30,51 mg SiO_2 ‰, pour les non flottables 32,0 mg/litre.

D. - LE BASSIN DEVANT LES ECLUSES

Le bassin devant les écluses recevant les eaux des divers canaux et celles de l'estuaire, renferme dès lors une eau à composition essentiellement très variable d'après les états de la marée, la quantité et la qualité des eaux de décharge provenant des écluses.

Dans le but de rechercher les réactions possibles pouvant se produire lors de ces décharges, des six canaux dans l'eau de mer, nous avons effectué au mois d'août des analyses complètes et sur l'eau des canaux et sur le mélange final au pont Langebrug.

TABLEAU 83

Canaux	Alcalinité	Cl	SO_4	Ca	Mg	SiO_2
Granigate Vliet	5,78	11,224	1451	290	759	12,37
Cal Plasschendaale	2,614	0,982	146	118	62	39,05
Cal Nieuwendamme	3,30	4,745	651	189	321	26,75
IJzer canalisé	3,268	2,730	391	138	179	13,37
Cal Veurne Ambacht	5,932	5,132	710	196	348	13,37
Cal Dunkerque	2,630	5,105	746	192	345	26,75
Moyenne	3,920	4,986	682,5	187,17	335,67	22,94

Au pont Langebrug, nous avons effectué des mesures durant 12 heures, de $\frac{1}{2}$ heure en $\frac{1}{2}$ heure. Les rapports deviennent alors :

	SO_4/Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
M.B.	0,152	0,031	0,075	0,409
M.H.	0,143	0,026	0,075	0,345
M.B.	0,151	0,030	0,074	0,409

En eau de mer, au WEST-HINDER; ces mêmes rapports donnent :

0,1412 0,0239 0,0689 0,347

Lorsque nous comparons la décharge moyenne des six canaux à la moyenne de deux marées basses successives nous obtenons :

	Alcalinité	Cl	SO_4	Ca	Mg	SiO_2 (mg/l)
Décharge moyenne	3,504	3,168	1,276	0,187	0,335	22,94
Bassin marée basse	4,141	7,542	1,143	0,230	0,562	19,79

Les concentrations en Ca et Mg évoluent comme suit (résultats en mg/litre) :

		Ca	Mg
Graningate Vliet	Max.	321	878
	Min.	131	45
	Moy.	213,17	317,42
Cal de Plasschend.	Max.	196	353
	Min.	109	45
	Moy.	139,25	132,67
Cal de Nieuwend.	Max.	253	588
	Min.	118	27
	Moy.	157,58	177,08
IJzer canalisé	Max.	256	608
	Min.	88	29
	Moy.	155,83	204,75
Cal Veurne Ambacht	Max.	265	629
	Min.	118	27
	Moy.	183,83	230,58
Cal Dunkerque	Max.	345	1025
	Min.	124	32
	Moy.	205,92	344,67

Ces quelques chiffres peuvent donner lieu aux premières remarques suivantes :

1. — La décharge moyenne des canaux donne une eau à alcalinité (3,504) supérieure à celle de l'eau de mer (2,454), mais inférieure à celle du bassin (4,141).

Il se produirait donc là, apparemment, un enrichissement en bicarbonates. L'alcalinité spécifique y est de 0,590, en moyenne, à marée basse.

2. — On remarque un phénomène analogue en ce qui concerne l'ion Ca : les canaux débitent une eau à 187,17 mg/litre; le bassin renferme une eau à 230,5 mg/l, alors que l'eau de mer en contient 452,3 mg/litre.

3. — L'eau de décharge contient en moyenne 22,94 mg SiO₂/l, l'eau en bassin en contient 19,79 mg/l à marée basse.

4. — En ce qui concerne l'ion SO₄, l'eau des écluses contient 1,276 g/l, le bassin à marée basse 1,143 g/l, l'eau de mer en contenant 2,672 g/l.

Les moyens à notre disposition à l'époque ne nous ont pas permis de pousser nos investigations plus loin.

Cependant, le sujet nous paraît extrêmement intéressant à divers points de vue; la recherche du sort des différents ions fondamentaux et leur comportement dans un milieu soumis à des variations tellement considérables. Il y aurait lieu de combiner des mesures sur place durant des périodes très longues et à intervalles très rapprochés pendant une ou deux marées successives, à des recherches sur les mélanges à des taux divers eau douce - eau de mer, au laboratoire. Malheureusement nous devons en rester là momentanément.



CHAPITRE IX

L'eau du port et de l'arrière-port de Oostende, y compris le bassin de chasse

I. - LE PORT D'OOSTENDE.

En 1956, nous avons participé à une étude du port (S. LEFEVERE, E. LELOUP & L. VAN MEEL). Comme nous l'avons écrit à ce moment : le milieu est trop artificiel et trop influencé par une quantité de facteurs anthropobiotiques et techniques pour permettre une étude écologique très poussée. Nous n'avons voulu rechercher ici que les éléments principaux indispensables aux biologistes pour se rendre compte, dans les très grandes lignes, à quel milieu les organismes récoltés ont dû s'adapter.

L'eau douce arrive dans le port par deux voies :

1. — Le canal de Brugge à Oostende qui draine une partie des eaux du bassin de l'Escaut et de la Lys et qui parviennent à Brugge. Ces eaux y sont déversées, à marée basse, dans l'arrière-port par l'écluse « Sas Slijkens ».
2. — Le Noord-Eede qui recueille les eaux provenant du Secteur ouest des Wateringen de Blankenberge.

Un débit normal du Sas Slijkens, dépendant de la saison, des pluies et du partage fait à Gent, peut être évalué, d'après L. BONNET & J. Lamoen (1948) à quelques 1.000.000 de mètres cubes par marée.

L'étude du port et de ses annexes a donné lieu à plusieurs publications, outre celui en collaboration, il faut citer : L. VAN MEEL (1964, 1966, 1969). En ce qui concerne le Bassin de chasse, E. LELOUP & VAN MEEL (1965).

L'étude publiée en 1956 a montré que le port à marée de Oostende représente un biotope méso- à polyhalin. Aux trois points choisis comme station d'étude, le milieu aquatique diffère de celui du large parce que mal tamponné, variant dans une gamme moins alcaline.

Résumant notre étude de 1956, nous pouvons établir le tableau récapitulatif suivant :

	Maximum	Minimum
	Période 1949-1950	
Cl g ‰	18,04	2,766
Oxygène ‰ saturation	95,86	0,0
	Période 1952-1953	
Cl g ‰	17,69	1,22
Oxygène ‰ saturation	162,15	16,6
Alcalinité	6,88	3,07

L'eau de mer du port d'Oostende se caractérise par les quelques points suivants, pour la période de 1954.

A. — A marée haute.

1. — Le ‰ de la saturation de l'oxygène varie entre 52,07 et 95,15 ‰ avec une moyenne de 79,06 ‰.
2. — L'alcalinité varie de 3,38 à 4,36 avec une moyenne de 3,74 plus forte donc que l'alcalinité de l'eau de mer. Au West-Hinder celle-ci est de l'ordre de 2,454 (moyenne de cinq années d'observations hebdomadaires).
3. — Le taux de chlorures exprimé en Cl g ‰ oscille entre 8,67 et 18,17 avec une moyenne de 13,34. Il est donc nettement inférieur à celui de l'eau de mer du West-Hinder qui accuse une concentration en Cl en moyenne de 18,96 ‰.
4. — Les phosphates varient de 0,06 à 1,78 mg PO₄ par litre.
5. — Les nitrates oscillent entre 0,43 et 44,2 mg NO₃ par litre.

B. — A marée basse.

1. — Le ‰ de la saturation de l'oxygène varie entre 35,17 et 78,97 g ‰, avec une moyenne de 69,83 ‰, et subit donc un déficit très net.
2. — L'alcalinité oscille entre 3,38 et 6,0 avec une moyenne de 4,07; d'après les cas elle est donc très forte comparativement à celle de l'eau de mer.
3. — La concentration en Cl, par le fait même de la marée basse et des apports de l'intérieur du pays, varie de 5,5 à 17,17 g Cl g ‰, avec une moyenne de 13,10.
4. — Phosphates. Concentrations variant de 0,24 à 1,53 mg PO₄/litre.
5. — Nitrates. Concentrations variant de 0,42 à 15,9 mg NO₃/litre.

Nous avons groupé les moyennes afin de les comparer aux moyennes de l'eau de mer au large de la côte.

	Marée haute	Marée basse	Eau de mer
Oxygène ‰ saturation	79,06	69,83	96,68
Alcalinité	3,74	4,07	2,454
Cl g ‰	14,14	13,10	18,96
Phosphates PO ₄ mg/l	0,64	0,76	0,107
Nitrates NO ₃ /mg/l	17,21	14,06	1,00

L'alcalinité spécifique accuse les valeurs suivantes :

1952-1953		Marée basse	Marée haute
Point A.	Max.	5,835	2,417
	Min.	0,226	0,234
Point B.	Max.	1,792	1,664
	Min.	0,232	0,211
Point C.	Max.	0,825	0,944
	Min.	0,204	0,176
1960			
Point P.	Max.	5,367	
	Min.	0,198	
1962			
Point P.	Max.	0,177	
	Min.	0,130	

II. - L'ARRIERE-PORT : BASSIN DE CHASSE.

Comme E. LELOUP écrit (1965), le bassin fut creusé de 1898 à 1904 dans les alluvions marines et occupe une superficie d'environ 86 hectares. Il communique avec le port d'Oostende. A marée montante, il reçoit d'une part, l'eau qui baigne le port et d'autre part, l'eau saumâtre qui provient du Noord-Eede et dont le degré de salinité varie beaucoup selon la proportion de mélange eau de mer — eau douce effectué dans la partie non éclusée du canal.

Désaffecté comme bassin de chasse réel il est ainsi devenu un grand étang artificiel. L'eau du bassin est soustraite à l'action directe du jeu des marées, elle n'est élevée ou abaissée qu'artificiellement par les ostréiculteurs selon les nécessités de leurs travaux dans le parc à huîtres.

Sollicités par E. LELOUP de préparer une étude du bassin au double point de vue chimique et phytoplanctonique, nous avons commencé par rassembler toutes nos connaissances au sujet du bassin et par les grouper de manière à permettre des comparaisons et d'examiner les faits à rechercher plus spécialement.

Comme nous l'écrivions à l'époque (1965), on pourrait nous reprocher de nous être si longuement étendus sur un milieu que d'aucuns qualifient avec raison d'artificiel puisque se trouvant influencé par plusieurs facteurs externes. Un tel milieu, mérite cependant l'attention du moment où des phénomènes biologiques s'y déroulent; nos connaissances au sujet de diverses adaptations des êtres microscopiques aux différents milieux sont trop imparfaites encore pour qu'on néglige de profiter d'une occasion d'étudier leur comportement dans une eau, marine à saumâtre, à composition essentiellement très variable, contenant très souvent des substances étrangères.

Le premier travail cité dans la littérature est celui de F. LELOUP et O. MILLER (1940). Il est basé sur les

récoltes faites dans le bassin, visité régulièrement une fois par semaine depuis le 1er janvier 1937 jusqu'au 31 décembre 1938. En vue de contrôler certains résultats, des explorations supplémentaires ont eu lieu dans le courant de l'année 1939. Ce travail est d'autant plus précieux qu'il nous renseigne au sujet d'une situation préliminaire à la fermeture des écluses par l'armée d'occupation au cours des années 1940-1945.

Le travail publié en 1965, est subdivisé en six parties distinctes : Période 1938-1939, bassin ouvert; période 1947-1955, bassin fermé (depuis 1941); période 1956-1959, bassin ouvert; période 1960; période 1961 et période 1962.

En 1954-1955 nous avons eu l'occasion d'y procéder à des prélèvements réguliers de phytoplancton parallèlement à des mesures physiques et chimiques permettant de suivre, pendant plus d'un an, qualitativement aussi bien que quantitativement, l'évolution des micro-organismes végétaux.

Période 1938-1939. Bassin ouvert. Le travail de E. LELOUP et O. MILLER nous donne d'excellents renseignements au sujet des propriétés chimiques de l'eau du bassin durant cette période.

La fermeture du bassin en 1942 a eu pour conséquence la création d'un milieu fermé, sans apport direct d'éléments de l'eau de mer et livré donc à lui-même avec comme seules influences : l'évaporation, l'apport d'eau douce par la pluie et l'apport d'eau de concentration variable par les éclusettes du Noord-Eede. Cet état de choses durera jusqu'au début de l'année 1956.

Au cours de cette période E. LELOUP s'occupa de procéder à un certain nombre de mesures; notamment la température, le pH, la concentration en Cl et en oxygène en surface et au fond, depuis le 1er avril 1947 jusqu'au 20 août 1948.

De mai 1954 à novembre on a effectué une nouvelle série de recherches auxquelles nous avons contribué, sur plusieurs points du bassin, comprenant outre la température, le Cl, le pH, l'alcalinité, l'oxygène dissous, le PO_4 .

En 1956-1959, bassin ouvert, on s'est empressé de poursuivre les recherches dans le but d'établir des comparaisons entre le passé et le présent. On a mesuré les mêmes paramètres que durant la période précédente.

1. - Chlorinité.

Il résulte des mesures que pour toutes les périodes, sous réserve des hiatus dans les observations, la chlorinité se présente pour tout le bassin en période fermée :

Moyenne : 16,14 g Cl ‰

Maximum : 20,60

Minimum : 12,37

Nous ne possédons pas beaucoup de données au sujet de l'eau du bassin ouvert. En se reportant cependant au travail de E. LELOUP et O. MILLER, on trouve pour 1938 :

Moyenne : 16,04 g Cl‰
 Maximum : 18,14
 Minimum : 14,03

Si la moyenne ne varie pas beaucoup dans ces deux cas bien déterminés, les extrêmes, au contraire, montrent un gradient plus étendu en période fermée; on obtient dans ce cas, en effet, une différence de 7,23 g Cl‰ entre extrêmes, alors que dans le cas du bassin ouvert (en 1938), on n'a observé qu'un écart de 4,11 g‰.

On peut comparer ces résultats avec les valeurs obtenues dans le port même à un endroit situé non loin du bassin de chasse.

	Moyenne	Maximum	Minimum
1940/1959	15,828	17,555	2,766
1952/1953	7,30	14,91	1,22

A marée descendante, ce point extérieur au bassin est sensiblement influencé par la décharge des eaux du Canal de Brugge à Oostende au Sas Slijkens.

Au cours des années 1960/1961, la salinité de l'eau du bassin de chasse a été, en général, beaucoup plus élevée que celle de l'arrière-port. Le maximum a été mesuré, pour tous les points du bassin, au mois d'août, le minimum, en décembre.

Les écarts entre maxima et minima journaliers et mensuels ne sont pas considérables. On peut remarquer de même que la salinité est, à peu près, identique pour tous les points du bassin. La diminution de la salinité en période automnale et hivernale est beaucoup moins brusque que dans le port, elle est très progressive et pourra être comparée aux précipitations atmosphériques de fin d'année.

2. - pH.

Les mesures de pH sur l'eau du bassin de chasse ne sont pas très nombreuses, mais les séries en notre possession se prêtent à quelques commentaires. L'examen des histogrammes de fréquence montre immédiatement l'existence d'un décalage considérable entre les résultats obtenus au cours des diverses périodes.

Aux fins de fixer les idées, nous examinerons très brièvement l'évolution du pH de l'eau de mer depuis le large jusque dans le bassin de chasse.

Suivant les auteurs, l'eau de la Mer du Nord, tenant compte des méthodes colorimétriques utilisées à cette époque, a un pH qui va au Nord de pH=8,2³ (S. PALITZSCH), de pH=7,85 à pH=8,5 (W.E. RINGER); au Sud : de pH=8,00 à pH=8,08. Généralement il varie entre pH=7,5 et pH=8,5. En équilibre avec l'atmosphère, il se maintient entre pH=8,1 et pH=8,3.

Dans les zones superficielles, la photosynthèse des plantes marines peut réduire la concentration en acide carbonique de l'eau de mer, de sorte que le pH de celle-ci peut atteindre pH=8,3 à 8,5 pendant les heures de radiation maximale.

Le calcul de l'histogramme de fréquence pour les années 1957 à 1959 donne les résultats suivants :

pH	%	pH	%
7,0	6,54	7,6	11,68
7,1	7,00	7,7	14,95
7,2	12,14	7,8	7,94
7,3	11,21	7,9	0,46
7,4	11,21	8,0	1,40
7,5	15,42		

Les résultats de 1947-1948 ont été obtenus sur place mais encore par voie colorimétrique. Toutes choses égales d'ailleurs et en tenant compte des erreurs de sel en ce qui concerne les colorants utilisés et les facteurs individuels des observateurs, on remarque que toute la série de mesures se trouve vers la zone alcaline; dans 98 % des cas on a mesuré un pH supérieur à 7,0. Le bassin ayant été séparé du port au moyen d'une digue par les autorités occupantes au cours de l'année 1942, il est évident que pour des raisons biologiques bien connues, l'eau se soit alcalinisée. Cette alcalinisation progressive se marque encore plus durant la période 1954-1955. A ce moment, les mesures sont faites sur place au moyen d'un pH-mètre électrique et les résultats sont compris entre pH=8,0 et pH=9,1, c'est-à-dire que dans 100% des cas, les pH mesurés ont une valeur supérieure à 8,0.

Les séries d'observations faites en 1956, à partir du moment où la communication du bassin avec le port fut rétablie, accusent une certaine diminution en grandeur absolue; le minimum observé est encore pH=7,8; mais le maximum est situé plus bas qu'en 1954-1955 et est de pH=8,8 seulement. Dans 27 % des cas on a mesuré pH=8,3.

Signalons encore notre recherche du mois d'août, qui donna, entre autres résultats, des mesures de pH=8,25 - 8,20 - 8,48, très comparables donc à celles obtenues en 1956, et enfin, une seule mesure, exécutée par un autre organisme de recherche, a donné pH=7,88 sur place.

Depuis le début de 1960 l'eau du port a varié depuis pH=7,5 à 7,78 et l'eau du bassin depuis pH=8,51 à 9,07.

3. - Alcalinité.

Pour le port d'Oostende, nous possédons une série de mesures au point A (tout près du bassin de chasse). En 1952-1953, la moyenne obtenue a été de 4,670 avec un maximum de 6,882 et un minimum de 3,377.

En ce qui concerne le bassin, une série de mesures exécutées en 1954-1955 ont donné, pour les divers points, les moyennes suivantes :

Points	Moyenne	Maximum	Minimum
D	3,80	5,14	3,28
1	3,78	4,55	3,26
2	3,73	4,54	3,245
3	3,75	4,52	3,235
4	3,82	4,525	3,22
5	3,76	4,52	3,23

4. - Nitrates.

Avant 1960, les nitrates ne furent pas dosés. Ce n'est que depuis les recherches organisées plus tard qu'on a pu envisager leur détermination quantitative. Les graphiques obtenus montrent très clairement la déplétion du bassin au moment de la production du phytoplancton, c'est-à-dire depuis avril à fin septembre. Avant et après cette période, il y a enrichissement par décomposition de la matière organique de la saison végétative précédente.

En 1960, l'évolution est presque semblable aux quatre points examinés :

Nitrates en mg/l					
	P	W	S	SE	E
Maximum	17,896	3,353	2,610	2,676	3,118
Minimum	0,153	0,016	0,013	0,013	0,013
Moyenne	4,923	0,616	0,520	0,517	0,575

5. - Phosphates.

Les phosphates ont pu être déterminés assez régulièrement en 1954-1955 et en 1956.

Phosphates PO ₄ mg/l				
Périodes	Stations	Moyennes	Maxima	Minima
1954-1955	D	0,411	0,944	0,024
	1	0,300	0,862	0,000
	2	0,325	0,756	0,018
	3	0,275	0,795	0,024
	4	0,401	0,743	0,024
1956-1957	5	0,318	0,800	0,0
	1	0,191	0,390	0,005
	1B	0,172	0,276	0,070
	2	0,074	0,111	0,072
	3	0,168	0,340	0,040
	4	0,156	0,295	0,042
	5	0,212	0,414	0,030

En 1960, on remarque une tendance à des concentrations en PO₄ à être inversement proportionnelles à la production du phytoplancton. A des concentrations plus élevées correspondent des diminutions de phosphates et inversement. Comme il ne s'agit pas ici d'un bassin fermé, il faut tenir compte des apports extérieurs dont on ne connaît malheureusement pas l'importance.

Phosphates en mg/l					
	P	W	S	SE	2
Maximum	1,400	1,053	1,197	1,183	1,132
Minimum	0,018	0,012	0,015	0,015	0,0
Moyenne	0,855	0,407	0,413	0,423	0,398

6. - Silice.

La silice suit plus ou moins l'évolution du plancton : les diatomées l'utilisent dans l'élaboration de leurs frustules. De là une diminution de la quantité après une augmentation du plancton et des augmentations de la silice après une chute de la matière végétale.

Silice mg/litre					
	P	W	S	SE	E
Maximum	16,050	7,856	7,768	7,717	8,205
Minimum	1,415	0,595	0,661	0,595	0,730
Moyenne	6,959	2,997	2,972	2,975	2,951

Enfin, nous avons pu exécuter une seule fois, le 18.VIII.1971, une analyse sur l'eau de Sas Slijkens.

pH	8,2	NO ₂ mg/l	0,0
Alcalinité ml HCl/	7,17	PO ₄ mg/l	12,9
N par litre			
NH ₃ mg/l	5,25	Cl mg/l	1,55
NO ₃ mg/l	0,7	SO ₄ mg/l	277,6
Chlorophylle	C _a	275 mg/m ₃	
	C _b	57 mg/m ₃	
	C _c	3 mg/m ₃	

7. - Alcalinité spécifique.

Le calcul de ce facteur pour plusieurs années plus ou moins consécutives nous donne le tableau suivant :

1954-1955	Max.	Min.
Débarcadère	0,312	0,187
Point 1	0,262	0,183
2	0,261	0,182
3	0,259	0,181
4	0,261	0,180
5	0,258	0,181
1956		
Point 1 B	0,236	0,164
1	0,228	0,166
2	—	—
3	0,228	0,167
4	0,215	0,167
5	0,213	0,166
6	0,215	0,167
1960		
W	0,195	0,137
S	0,192	0,138
SE	0,191	0,136
E	0,191	0,138
1961		
W	0,232	0,125
E	0,234	0,121
1962		
W	0,207	0,126
E	0,207	0,125

III. - L'ARRIERE-PORT D'OOSTENDE.

Bassin maritime (Bassin du commerce. Période 1966-1968).

Comme nous l'avons mentionné dans notre publication (L. VAN MEEL, 1969), le bassin du Commerce à Oostende, nous était connu depuis fort longtemps par la couleur brune à rougeâtre de ses eaux, due à des pullulations périodiques de *Prorocentrum micans* EHRENBERG (Dinophyceae) ou de *Skeletonema costatum* (GREVILLE) CLEVE (Bacillariophyceae).

La découverte fortuite (en 1966), de quatre espèces de protistes, nouvelles pour la côte belge (L. VAN MEEL, 1966), nous a incités à soumettre ce bassin à une étude approfondie durant une année, malgré le caractère artificiel de cette cuvette. A cause de l'évolution favorable et particulièrement intéressante des recherches, nous n'avons pas hésité à la prolonger durant une année supplémentaire.

Chaque semaine nous avons prélevé, aux mêmes endroits, des échantillons de plancton qualitatif et quantitatif ainsi que des échantillons d'eau. On a pu déterminer ainsi : le pH, le potentiel d'oxydo-réduction, l'alcalinité, l'oxygène dissous, l'ammoniaque, les nitrites, les nitrates, les phosphates et les silicates, les matières organiques (oxydabilité), les chlorures et la salinité.

Comme les eaux de ce bassin sont influencées non seulement par les bateaux amarrés plus ou moins longtemps à ses quais (surtout des yachts de plaisance, parfois des navires des forces navales nationales ou étrangères), mais surtout par les eaux d'égout de la ville d'Oostende évacuées non loin de l'entrée de ce bassin, le genre et la qualité des matières nutritives d'origine organique que ce bassin peut recevoir ainsi, constituent des facteurs écologiques non négligeables.

Cette importance peut se traduire, en partie, par les concentrations en hydrates de carbone et en protéines. Ils furent dosés à cet effet.

Nous avons également essayé d'axer ce travail sur les concentrations en chlorophylles a, b et c du phytoplancton. L'azote organique a été déterminé occasionnellement.

L'extraordinaire richesse du phytoplancton de ce bassin nous détermina à effectuer des recherches approfondies sur son eau.

En deux années, en effet, nous avons réussi à dénombrer quelque 215 espèces et variétés dont certaines sont nouvelles ou n'ont pas encore été signalées pour notre territoire.

1. - Chlorinité-salinité.

La chlorinité ne varie pas dans de grandes limites. Sa situation en cul-de-sac met ce bassin à l'abri de fluctuations considérables de la salinité. Comme maximum, minimum et moyenne on a observé respectivement 17,75 - 11,6 et 15,34 g Cl‰. Ce qui, exprimé en salinité, devient : 28,46 - 20,97 et 27,72 S.

Notons ici que le bassin ne se trouve pas en communica-

tion avec une source directe d'eau douce. Comme seules possibilités de dilution il n'y a que l'eau de pluie, l'eau de ruissellement le long des quais et, en troisième lieu, l'influence lointaine des eaux d'égout d'Oostende.

2. - Alcalinité.

L'alcalinité varie dans des limites assez étroites : de 3,316 à 2,234 ml HCl N par litre, pour la période entière, soit une moyenne de 2,750.

L'alcalinité se révèle ainsi comme un facteur assez peu variable et dénote en même temps un milieu plus fermé et moins influencé que le port d'Oostende.

3. - pH.

Durant la période de deux années, le pH a varié entre pH = 9,3 et pH = 7,3. La période de 1967-1968 a montré un pH légèrement plus alcalin que la période précédente.

Il résulte de l'histogramme de fréquence, que la valeur du pH est située la plupart du temps entre pH = 7,5 et pH = 8,0. Très rarement elle dépasse 9,0.

4. - Oxygène dissous.

Dans un milieu comme celui de ce bassin, soumis à des influences humaines diverses, on s'attendrait à trouver des déficits considérables et constants de la saturation en oxygène. Il n'en est rien.

Sauf quelques exceptions entre les mois de septembre 1966 et janvier 1967 (non compris) durant lesquels il s'est manifesté un déficit de la saturation, en moyenne vers 57 %, on a observé, au cours de toute la période de nos observations, des sursaturations plus ou moins élevées, pouvant atteindre 422,4 % (L. VAN MEEL, 1969).

Des cas de déficit et de sursaturation se présentent au cours d'un même mois.

Les cas déficitaires se remarquent surtout au cours des mois de juin (4), août (7), septembre (7), novembre (5) et décembre (7). Nous sommes enclin à croire que l'influence anthropobiotique au cours de ces mois doit être prise en considération. Nous ignorons malheureusement tout au sujet des variations éventuelles diurnes/nocturnes qui pourraient se manifester ici et leur ampleur en l'occurrence. Quoi qu'il en soit, même si la saturation avait diminué parfois au cours de la nuit, il semble que l'équilibre se soit assez rapidement rétabli étant donné le taux déjà atteint au cours de la matinée suivante.

5. - Le potentiel d'oxydo-réduction.

Durant ces deux années, le potentiel d'oxydo-réduction est toujours resté positif avec un maximum de mV = 400 et un minimum mV = 99. Aux dates correspondantes, la saturation de l'oxygène était respectivement de 273,35 et 19,3 %.

6. - L'ammoniaque.

Les concentrations en ammoniaque combinée sont généralement assez élevées : jusque 4,59 mg NH₃ par litre. Il est dû sans doute à la fermentation des composés organiques, le minimum observé a été de 0,06 mg/litre et la moyenne obtenue : 1,61 mg/litre.

7. - Les nitrites.

Une concentration en nitrites élevée surtout au mois de décembre 1966 : 1,299 mg/litre en moyenne exprimés en NO_2 . Le maximum observé correspond à 2,62 mg/litre, le 16 décembre. En moyenne les nitrites varient de 0 à 2,62 mg par litre.

Ils présentent des maxima plus ou moins nettement prononcés aux mois de septembre 1966, juillet et octobre 1967 et durant les premiers mois de 1968. Mai 1967 constitue le point le plus bas.

8. - Les nitrates.

Comme il était à prévoir, la concentration en nitrates est bien plus élevée ici qu'en eau de mer. Au WEST-HINDER, période de 1951-1953, nous avons observé un maximum de 2,90 et un minimum de 0,0 mg NO_3 par litre. Ce maximum reste bien inférieur aux valeurs maximales mesurées dans ce bassin. En mer, la moyenne est de 1,2 mg/litre.

9. - Les phosphates.

La remarque que nous avons faite au sujet de la concentration supérieure en nitrates à celle de l'eau de mer, est également valable pour les phosphates. Durant la période de trois années, mentionnée à ce sujet, le maximum mesuré a été de 0,275 mg PO_4 par litre, le minimum : la déplétion à peu près complète. On a calculé en moyenne 0,107 mg par litre. Dans le bassin, au contraire, le maximum enregistré a été de 2,176 mg par litre avec un minimum tendant vers zéro.

10. - La silice.

On a mesuré des maxima en août 1966, décembre 1966 et janvier 1967.

Les minima en mai 1966 et mai 1967. La moyenne pour toute la période est de 3,29 mg SiO_2 par litre.

11. - Les hydrates de carbone.

En ce qui concerne les hydrates de carbone, on constate une diminution très progressive depuis les mois de

juillet-août 1967 et de juin 1967 à novembre 1967. Deux maxima bien caractéristiques : juillet-août et juin-juillet 1967. La moyenne pour toute la période est de 1,277 mg de saccharose par litre.

12. - Les acides aminés.

Nous avons essayé de nous rendre compte, plus ou moins, dans la mesure de nos moyens, de la concentration en acides aminés. Nous avons dû nous contenter toutefois de ne rechercher que le tryptophane. Pour toute la période on a enregistré un maximum de 3,2, un minimum de 0,038 et une moyenne de 0,729 mg/litre. On a constaté trois maxima : juillet, août 1966 et août 1967 et novembre-décembre 1967.

Les maxima se présentent surtout en avril et mai 1966, en février-mars 1967 et janvier-février 1968.

13. - La chlorophylle.

La production de chlorophylle s'effectue en rapport avec les saisons et la lumière. A ce point de vue, automne et hiver 1966 et 1967 sont caractéristiques par leur minimum très prononcé. Aux autres saisons correspondent des variations similaires : maximum en été 1967, moins élevé toutefois qu'en 1966. Les extrêmes : Chlorophylle a : 0 à 200 mg/m^3 ; Chlorophylle b : 0 à 244 mg/m^3 ; Chlorophylle c : 0 à 130 mg/m^3 .

Alcalinité spécifique.

Aux fins d'essais de classification, nous avons calculé l'alcalinité spécifique de l'eau du bassin. Il est superflu de mentionner ici toutes les mesures, nous nous contenterons des maxima et minima pour 1966, 1967 et 1968.

	1966	1967	1968
Maximum	0,253	0,240	0,240
Minimum	0,156	0,140	0,147

Chapitre X

L'eau de certains canaux maritimes

Après l'estuaire de l'IJzer à Nieuwpoort, les eaux du port d'Oostende, les seules eaux côtières à courant, comportent trois canaux situés à Heist, Zeebrugge et Blankenberge. Ils sont en relation avec la mer au moyen d'écluses.

Tout en n'étant pas des estuaires dans le vrai sens du mot, il peut exister au point de contact, dans le sas de l'écluse ou au début du canal, une flore et faune saumâtres intéressantes à examiner.

1. Le Canal maritime de Zeebrugge.

La création de ce canal date de 1895, lorsqu'une loi permit à la ville de Brugge de créer un canal avec embouchure à la côte.

Ce canal eut son moment de notoriété à cause de l'intoxication des moules due à des Flagellés autotrophes (1938) notamment deux Dinoflagellates : *Gonyaulax po-*

Zeebrugge Cal marit.

lyedra Stein et Pyrodinium phoneus (J. WOLOSZYNSKA) W. CONRAD.

Nous avons examiné son eau mensuellement durant un an, période 1950-1951. (L. VAN MEEL, 1963).

	Maximum	Minimum	Moyenne
pH	8,8	6,9	
Oxygène dissous ‰	156,62	66,99	101,34
Alcalinité	4,087	3,447	3,692
Cl g ‰	13,266	9,677	11,012
SO ₄ g ‰	1,934	1,422	1,581
NO ₃ mg ‰	212	0,0	51,51
PO ₄ mg ‰	0,82	0,0	0,362
SiO ₂ mg ‰	107	0,0	36,41
Ca g ‰	0,328	0,261	0,291
Mg g ‰	0,904	0,664	0,754

TABLEAU 84

Alcalinité	méq.	Cl	méq.	Total méq.	CO ₂ ‰	Cl ‰	Alcal. spéc.
3,586	3,586	13,266	374,143	419,361	0,855	89,217	0,270
3,564	3,564	13,159	371,126	414,202	0,860	89,600	0,271
3,55	3,55	11,942	336,802	376,978	0,942	89,343	0,297
3,596	3,596	10,072	284,062	323,027	1,113	87,938	0,357
3,736	3,736	9,677	272,922	310,121	1,205	88,005	0,386
3,686	3,686	9,677	272,922	308,283	1,196	88,530	0,381
3,447	3,447	9,720	274,135	310,443	1,110	88,304	0,355
3,645	3,645	10,763	303,550	343,416	1,061	88,391	0,339
4,087	4,087	10,308	290,606	325,100	1,257	89,390	0,396
3,880	3,880	10,007	282,229	318,153	1,220	88,709	0,388
4,025	4,025						
3,502	3,502	12,55	353,950	392,844	0,891	90,099	0,279

2. Le Canal de Léopold à Heist.

Appelé aussi Canal de Selzaete ou Canal de Bouchaute.

La construction d'un canal entre Selzaete et la mer fut décrétée le 26 juin 1842, il servirait à l'écoulement des eaux des Flandres. En mai 1853, le tronçon Mer du Nord jusqu'à la commune de Sint-Laureis était achevé. Le 23 septembre 1862 le canal est complètement terminé et débute en face de la Crique de l'Oosterput située dans le Polder de Sint-Laureis, à Bouchaute. A partir de la route de Maldegem à Aardenburg (Pays-Bas), il coule parallèlement au canal de dérivation de la Lys et débouche à la mer entre Heist et Zeebrugge.

	Maximum	Minimum	Moyenne
pH	8,75	6,8	
Oxygène dissous ‰	364,6	53,4	116,29
Alcalinité	8,373	3,9	5,435
Cl g ‰	6,239	0,235	1,075
SO ₄ g ‰	0,960	0,0517	0,229
NO ₃ mg ‰	55	0,0	6,239
PO ₄ mg ‰	0,865	0,0	0,467
SiO ₂ mg ‰	80,25	0,0	14,47
Ca g ‰	0,218	0,106	0,135
Mg g ‰	0,438	0,013	0,74

TABLEAU 85

Zeebrugge Cal Léopold

Alcalinité	méq.	Cl	méq.	Total méq.	CO ₂ %	Cl %	Alcal. spéc.
5,916	5,916	6,239	175,960	202,332	2,924	86,966	0,948
4,851	4,851	0,347	9,787	17,679	27,439	55,359	13,980
3,900	3,900	0,264	7,446	14,25	27,368	52,253	14,773
4,276	4,276	0,277	7,812	13,807	30,970	56,580	15,437
6,086	6,086	0,443	12,494	21,482	28,331	58,160	13,738
4,462	4,462	0,313	8,828	15,833	28,182	31,325	14,256
5,516	5,516	0,374	10,548	18,252	30,221	57,791	14,749
5,959	5,959	0,539	15,202	23,933	24,899	63,519	11,056
8,373	8,373	1,714	48,34	65,798	12,725	73,467	4,885
5,481	5,481	1,76	49,637	63,290	8,660	78,428	3,114
4,583	4,583	0,235	6,623	13,636	33,610	48,570	19,500
5,822	5,822	0,396	11,168	20,602	28,257	54,208	14,702

3. Le Canal de Blankenberge.

Ce canal fait partie de la wateringue qui sert à l'écoulement des eaux poldériennes d'une région assez étendue. L'alimentation se fait à l'écluse de Speyen (Canal d'Oostende); la décharge se fait mi-partie par le canal de Blankenberge dans l'arrière-port (bassin de chasse) et mi-partie par le Noord-Eede dans l'arrière-port d'Oostende. Les eaux de la Wateringue du Moere (Meetkerke, Houttave, St-Andries et Varsennaere) sont déversées dans ce canal.

	Maximum	Minimum	Moyenne
pH	8,8	7,1	
Oxygène dissous %	247,01	36,89	103,34
Alcalinité	9,283	6,6	7,478
Cl g ‰	4,748	0,326	1,667
SO ₄ g ‰	0,699	0,139	0,3176
NO ₃ mg ‰	112,5	0,0	3,19
PO ₄ mg ‰	1,670	0,56	1,036
SiO ₂ mg ‰	8,025	0,0	4,346
Ca mg ‰	0,191	0,144	0,161
Mg g ‰	0,316	0,044	0,117

TABLEAU 86

Cal Blankenberge

Alcalinité	méq.	Cl	méq.	Total méq.	CO ₂ %	Cl %	Alcal. spéc.
7,425	7,425	0,926	26,088	39,217	18,933	66,522	8,018
6,6	6,6	0,326	9,194	20,019	32,969	45,926	20,245
6,804	6,804	0,644	18,163	29,403	23,140	61,773	10,565
9,283	9,283	2,589	73,018	94,718	9,8	77,09	3,586
8,148	8,148	0,973	27,442	40,183	20,277	68,292	8,374
7,585	7,585	0,625	17,627	40,439	24,919	57,909	12,136
7,88	7,88	2,484	70,057	86,747	9,084	80,670	3,172
7,338	7,338	4,748	133,909	155,889	4,707	85,900	1,545
6,742	6,742	4,030	113,659	133,115	5,065	85,384	1,673
7,129	7,129	0,452	12,748	22,958	31,052	55,527	15,772
7,332	7,332	0,548	15,455	26,952	27,204	57,343	13,380

La comparaison de ces trois canaux entre eux nous conduit aux constatations suivantes :

1. - pH.

Pour toute la période étudiée, les extrêmes du pH sont compris entre pH = 8,8 et pH = 6,8. Le calcul de la fréquence donne les valeurs suivantes :

pH	6,9 à 7,0	11,76 %
	7,0 à 7,5	11,76
	7,5 à 8,0	26,47 52,54 %
	8,0 à 8,5	26,47
	8,5 à 9,0	23,53

Dans 52,54 % des cas, le pH était compris entre pH = 7,5 et 8,5. Il est donc situé dans la zone alcaline à très alcaline.

2. - Oxygène dissous.

Toutes choses égales d'ailleurs, la période des sursaturations s'étend depuis le mois de mars (Canal maritime) jusqu'au mois d'août y compris. (Canal maritime et Canal Blankenberge), c'est-à-dire la période de production phytoplanctonique la plus intense. Sur les 21 cas mesurés au cours de ces mois, 6 seulement sont en déficit plus ou moins prononcé, soit 28,5 % du nombre des observations.

3. - Alcalinité.

Les trois biotopes se caractérisent par une eau à alcalinité particulièrement élevée si on la compare à celle de l'eau de mer. Le maximum absolu atteint, a été observé dans le Canal de Blankenberge : 9,283.

Le mois de juin présente la moyenne la plus élevée : 6,599 correspondant avec la moyenne la plus élevée pour l'oxygène dissous : 217,58 %. Il y a donc ici une corrélation nette entre l'activité chlorophyllienne et l'alcalinisation du milieu.

4. - Chlorures.

Les résultats analytiques obtenus au cours de nos visites mensuelles ne constituent en réalité que des ordres de grandeur.

Canal maritime : de 9,677 à 13,266 g Cl/‰
 Canal Léopold : de 0,264 à 6,239
 Canal de Blankenberge : de 0,326 à 4,748

5. - Nitrates.

Les concentrations en nitrates sont souvent élevées : de 0,0 à 212 mg NO₃/litre surtout dans le canal maritime.

Des trois biotopes, seul le Canal de Blankenberge montre une évolution en rapport avec la production phytoplanctonique : une déplétion depuis juin à novembre et un enrichissement durant les mois hivernaux. Le canal maritime montre une déplétion en mai, juin et juillet, ensui-

te les enrichissements ou les apports sont assez irréguliers, les plus importants ayant toutefois lieu durant les mois hivernaux et jusqu'en avril.

6. - Phosphates.

	Maxima	Minima	Moyenne
Canal maritime	0,82	0,0	0,36
Canal Léopold	0,865	0,0	0,47
Canal de Blankenberge	0,56	1,67	1,04

Le Canal de Blankenberge est le plus riche en phosphates avec une moyenne de 1,04 et la concentration n'atteint pas zéro.

7. - Silicates.

Les silicates montrent les concentrations les plus élevées dans le Canal maritime, vient ensuite le Canal Léopold puis le Canal de Blankenberge avec des maxima respectifs de 107-80, 25-8,025 mg SiO₂ par litre. Le minimum atteint partout 0. Nous avons essayé de comparer la production des diatomées à la concentration en silicates. Le Canal maritime seul se prête à cette comparaison car lui seul a produit plusieurs fois, au cours de nos recherches de 1950-1951, des phytoplanctons à 100 % de diatomées. Les résultats ne répondent pas complètement à notre attente. Il s'est produit un maxima à diatomées en janvier avec une concentration en silice de 107 mg/litre. Ce maximum est suivi en février par une déplétion à 0. La silice augmente très doucement les mois suivants et, en avril et mai, il se produit un nouveau maximum à diatomées. Il est suivi par une légère déplétion en juin, un enrichissement en juillet avec un nouveau maximum à diatomées. Celles-ci n'atteignent plus de maximum avant la fin de l'année et la silice reste stationnaire entre 21 et 44 mg/litre.

Pour des comparaisons à effectuer dans d'autres chapitres de ce mémoire, nous ajoutons encore, l'alcalinité spécifique et les rapports entre divers ions pour l'eau des trois canaux.

Marit. Zeebrugge

TABLEAU 87

	Alcal. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
X	0,270	0,147	0,025	0,564	0,044
XI	0,271	0,138	0,024	0,560	0,044
XII	0,238	0,114	0,022	0,449	0,048
I	0,357	0,144	0,028	0,568	0,049
II	0,386	0,149	0,028	0,569	0,049
III	0,381	0,147	0,027	0,568	0,047
IV	0,355	0,147	0,028	0,568	0,049
V	0,337	0,154	0,027	0,566	0,048
VI	0,396	0,141	0,027	0,562	0,049
VII	0,388	0,143	0,027	0,560	0,049
—	—	—	—	—	—
IX	0,279	0,131	0,025	0,560	0,044

TABLEAU 88

Cal Léopold

	Alcal. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
X	0,948	0,154	0,035	0,070	0,498
XI	13,980	0,417	0,323	0,098	3,294
XII	14,773	0,527	0,428	0,075	5,707
I	15,437	0,296	0,383	0,058	6,625
II	13,738	0,314	0,325	0,063	5,143
III	14,256	0,390	0,367	0,067	5,476
IV	14,749	0,281	0,366	0,065	5,708
V	11,056	0,247	0,262	0,061	4,273
VI	4,885	0,150	0,098	0,069	1,412
VII	3,114	0,150	0,063	0,068	0,925
VIII	19,502	0,217	0,502	0,055	9,077
IX	14,702	0,309	0,351	0,066	5,346

TABLEAU 89

Cal Blankenberge

	Alcal. spéc.	SO ₄ /Cl	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
XI	8,018	0,296	0,167	0,070	2,385
XII	20,245	0,528	0,442	0,135	3,273
I	10,565	0,216	0,230	0,076	3,020
II	3,586	0,205	0,063	0,066	0,942
III	8,374	0,180	0,169	0,069	2,448
IV	12,136	0,242	0,253	0,082	3,098
V	3,172	0,166	0,066	0,067	0,976
VI	1,545	0,147	0,040	0,067	0,604
VII	1,673	0,149	0,046	0,068	0,669
VIII	15,772	0,327	0,323	0,084	3,842
IX	13,380	0,352	0,288	0,080	3,591

Chapitre XI

Les eaux saumâtres stagnantes

Les eaux stagnantes, à caractère saumâtre plus ou moins prononcé, sont relativement nombreuses à l'intérieur du grand coude formé par l'Escaut, dans la partie septentrionale de notre pays.

Des descriptions plus détaillées relatives à la forme, la situation, le cadre végétal, l'histoire même, se trouvent chez A. CALJON, chez W. CONRAD, M.C. LEJEUNE et dans nos propres publications, nous n'y insisterons plus ici.

Des auteurs comme M. DE RIDDER, H.J. DUMONT, A. CALJON, M.C. LEJEUNE ont fait des recher-

ches dans la région, il a été tenu compte de leurs travaux.

Une tentative de classification des eaux saumâtres étudiées ici étant un des buts de ce mémoire, le texte de ce chapitre XI renfermera un certain nombre de calculs et de tableaux numériques dont la signification réelle pourrait ne pas apparaître au premier abord, mais qui sera développée plus loin.

Pour la même raison, ces tableaux ne renferment que des données sur les paramètres chimiques fondamentaux.

Nous suivrons ces étangs en partant de Antwerpen en nous dirigeant vers la côte.

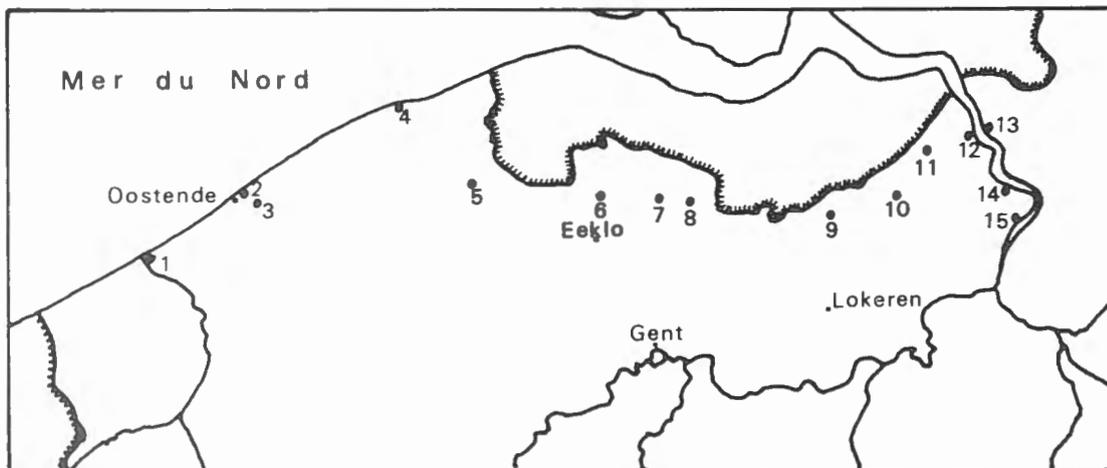


FIG. 16. — Région des eaux saumâtres de Basse-Belgique. Situation géographique des eaux examinées.

A. — Antwerpen, (rive gauche), Galgenweel.

Nous y avons effectué une première série d'observations, de 1939 à 1941, ne comportant à cette époque que la température, le pH et la chlorinité à défaut de mieux (L. VAN MEEL, 1958).

Le pH situé dans la zone alcaline, de $\text{pH} = 7,5$ à $9,0$. La Chlorinité, variable, dépend du caractère des saisons, et, durant des périodes de sécheresse prolongée, lorsque les étangs sont parfois alimentés au moyen d'eau fluviale, elle peut tendre vers la composition de cette dernière.

En 1953, nous avons repris l'étude du Galgenweel, avec de nouveaux moyens mis alors seulement à notre disposition.

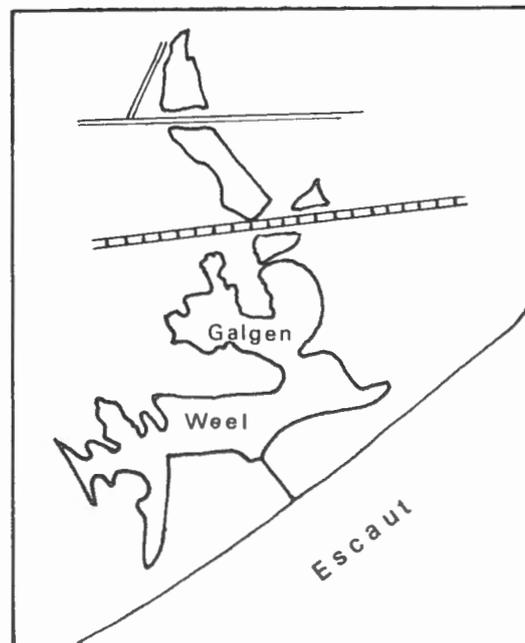


TABLEAU 90

	Alcal.	még.	Cl mg/l	még.	SO ₄ mg/l	még.	Total még.	CO ₃ %	Cl %	SiO ₂ mg/l	Alcal. spéc.
IV	5,74	5,74	669	18,866	184	3,829	28,435	20,19	66,34	33,2	0,858
V	6,24	6,24	578	16,300	396	8,241	30,781	20,27	52,95	27	1,08
VI	5,2	5,2	390	10,998	69	1,436	17,634	29,48	62,37	29	1,33
VII	7,23	7,23	776	21,883	146	3,038	32,151	22,48	68,06	31	0,923
VIII	7,26	7,26	776	21,883	129	2,684	31,827	22,8	68,75	12	0,935
IX	6,46	6,46	1082	30,512	174	3,621	40,593	15,9	75,16	26,7	0,597
X	6,86	6,86	1154	32,543	195	4,085	43,466	15,78	74,87	30,5	0,594
XI	6,28	6,28	2039	57,500	180	3,746	67,526	9,30	85,15	143,4	0,307
XII	6,22	6,22	2134	60,179	310	6,451	72,845	8,54	82,61	23,5	0,291

De ces chiffres on peut conclure, pour l'année 1953 :

1. - pH.

Le pH est compris entre 7,12 à 8,52. Cette dernière valeur a été observée au cours du mois de mai, durant une période d'abondance du phytoplancton.

2. - Alcalinité.

L'alcalinité est généralement très élevée et varie de 5,2 à 7,26 még. de CO₃ par litre, ce qui permet de supposer une concentration en ions Calcium de l'ordre de 104 à 145 mg au litre, chiffres qui ne constituent ici qu'un ordre de grandeur : par un concours de circonstances indépendantes de notre volonté, il ne nous a pas été possible de doser cet élément comme nous l'avons fait pour les autres étangs étudiés.

3. - Chlorinité.

Les concentrations de l'anion Cl entre 0,39 et 2,1334 g/litre permettent de situer l'eau des Galgenweelen, à cette époque, parmi les eaux oligohalines à a-mésohalines dans le système de H.C. REDEKE (1933).

4. - Sulfates.

Les sulfates varient de 69,3 à 396 mg SO₄ par litre. Le rapport SO₄/Cl devient ainsi de 0,088 à 0,6839. Pour l'eau de l'Escaut à Liefkenshoek (Doel) en 1958, ce paramètre s'élevait en moyenne, de 0,1688 à marée basse et de 0,0729 aux marées hautes.

5. - Silice.

Dans une eau telle que celle des Galgenweelen, où les Bacillariophyceae occupent un rang prépondérant, pouvant atteindre 100 % de la population algale, les concentrations en silice doivent nécessairement se trouver en relation directe avec les quantités de diatomées en présence. Cette relation n'est toutefois pas mathématique. Après l'abondance des diatomées en avril, 95 %, la concentration en silice diminue, faiblement il est vrai, la quantité de diatomées décroît en mai et juin jusque 25 % de la population totale, le taux de la silice croît. En juillet, la quantité de diatomées augmente, devient nulle en août, parallèlement à une forte diminution de la silice.

En août et septembre, les diatomées disparaissent, la silice augmente, de sorte qu'en novembre, la quantité croissante de diatomées dispose de 143,38 mg de SiO₂ par litre, ce qui permet un maximum de 100 % de Bacillariophyceae en décembre. Au cours de ce dernier mois, cette abondance ramène le taux de la silice à 23,54 mg/litre.

B. — Doel.

1. - L'eau du Fort de Liefkenshoek.

Les eaux des douves de ce fort sont également en relation avec l'eau fluviale par l'intermédiaire d'une écluse.

1. - pH.



FIG. 17. — Le fort de Lillo et le Galgenweel à Anvers-rive-gauche.

Durant l'année 1950-1951, nous avons relevé le pH variant de 6,9 à 9,0 respectivement au mois de janvier et au mois d'août (L. VAN MEEL, 1958).

2. - Alcalinité.

Les fluctuations de l'alcalinité ne sont pas très considérables au cours de l'année : on enregistre 3,713 még. à 4,699 még. CO₃ avec une moyenne de 4,210 még.

Cette eau se différencie ainsi considérablement de celle du Groot Gat où l'amplitude est beaucoup plus importante : 4,777 à 9,514 még.

TABLEAU 91

Liefkenshoek fort

Alcal.	még.	Cl g/l	még.	SO ₄ mg/l	még.	Total még.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.
3,713	3,713	8,264	233,097	1196	24,901	261,711	1,419	89,067	0,449
4,108	4,108	5,865	165,430	850	17,697	187,235	2,194	88,354	0,700
4,37	4,37	4,376	123,431	658	13,700	141,501	3,088	87,230	0,999
4,699	4,699	3,878	112,205	569	11,847	128,751	3,650	87,149	1,182
4,306	4,306	3,449	97,284	509	10,597	112,187	3,838	86,716	1,248
3,989	3,989	2,980	84,055	453	9,431	97,475	4,092	86,232	1,339
4,14	4,14	2,927	82,560	436	9,078	95,778	4,322	86,199	1,414
4,433	4,433	3,219	90,796	479	9,972	105,201	4,214	86,307	1,377
4,535	4,535	3,567	100,612	524	10,910	116,057	3,908	86,692	1,271
44,171	4,171	4,225	119,172	619	12,888	123,343	3,384	96,618	0,987
4,078	4,078	4,806	135,560	701	14,595	154,233	2,644	87,893	0,849
3,986	3,986	5,350	150,904	782	16,281	171,171	2,239	88,160	0,745

L'alcalinité spécifique a atteint 2,09 en 1959; nous avons revu l'eau du fort, l'alcalinité spécifique de l'eau du fort et de l'écluette accusait respectivement 0,374 et 0,254.

TABLEAU 92

Liefkenshoek fort/écluette

Alcal.	még.	Cl g/l	még.	SO ₄ mg/l	még.	Total még.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.
4,059	4,059	6,835	192,790	978	20,362	217,211	1,869	88,757	0,594
8,217	8,217	0,564	15,908	88	1,832	25,957	31,656	61,286	14,569
4,565	4,565	2,623	73,985	394	8,203	86,753	5,262	85,282	1,740
4,699	4,699	3,909	110,259	567	11,805	126,763	3,707	86,980	1,202
4,260	4,260	3,509	98,976	508	10,577	113,813	3,743	86,964	1,214
4,038	4,038	2,780	78,414	406	8,453	90,905	4,442	86,259	1,450
5,319	5,319	1,850	52,182	249	5,184	62,685	8,485	83,245	2,875
4,383	4,383	3,266	92,122	465	9,681	106,686	4,128	86,755	1,342
3,929	3,929	6,625	186,867	961	20,008	210,804	1,864	88,645	0,593
4,559	4,559	5,550	156,545	801	16,677	177,781	2,564	88,055	0,821
4,182	4,182	4,385	123,685	633	13,179	141,046	2,965	27,691	0,954
4,080	4,080	5,090	143,570	728	15,157	162,807	2,506	88,184	0,802

TABLEAU 93

Fort. 1950-1951

	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l
XI	240	564	149,8	212	447	—
XII	199	396	214	172	38	—
I	172	307	43	140	171	43
II	171	275	42,5	162	260	107
III	152	238	21,4	150	251	21,4
IV	136	201	21,4	131	186	30
V	139	198	106	140	112	80,3
VI	149	219	31	149	211	31
VII	159	242	41	208	441	19,3
VIII	106	288	50,3	199	370	47,1
IX	174	321	30	163	300	30
X	183	368	—	179	336	—

L.I.J. VAN MEEL. — LES EAUX SAUMÂTRES

Fort.			Eclusette		
Alcal.	3,776	méq. 3,776	Alcal.	2,970	méq. 2,970
Cl g/l	10,094	méq. 284,714	Cl g/l	11,699	méq. 329,986
		total méq. 319,323			total méq. 368,138
CO ₃ %	1,183		CO ₃ %	0,807	
Cl %	89,162		Cl %	89,636	
Alcal. spéc.	0,374		Alcal. spéc.	0,254	

3. - Silice.

En décembre nous avons enregistré 214 mg/litre de SiO₂ et un minimum de 21,4 mg/litre en avril. Un maximum de 107 mg/litre à l'éclusette en janvier et 19,26 mg/l comme minimum en juillet.

L'alcalinité spécifique dans l'eau du fort varie entre 0,449 et 1,414; à l'éclusette de 0,593 à 14,569.

2. - Doel. *Groot Gat*.

Nous avons étudié les eaux de cette région durant la période 1950-1951 (L. VAN MEEL, 1966).

1. - pH.

Durant toute cette période, le pH a varié entre pH = 6,9 et pH = 9,0, avec une fréquence de 66 % pour des pH compris entre 7,5 et 8,5.

2. - Chlorinité.

L'eau du Groot Gat accusait une concentration en Cl de 0,565 à 5,222 g/litre; l'éclusette de 0,469 à 7,045 g Cl ‰.

3. - Alcalinité.

Ces biotopes sont caractérisés par une eau d'une alcalinité particulièrement élevée. L'eau de l'Escaut à la hauteur de Liefkenshoek, non loin des endroits étudiés à Doel, a donné, en moyenne, durant treize mois, une alcalinité de 3,826 méq. CO₃. Au Groot Gat et à son

éclusette on a observé respectivement 9,514 et 4,777 méq. pour l'étang et 9,630 et 3,784 méq. pour l'éclusette. Pour le Groot Gat, au cours de l'hiver, décembre, janvier et mars, l'alcalinité atteint son degré le plus élevé, un phénomène identique se produit pour son éclusette où l'on atteint une forte alcalinité durant la même période avec, toutefois, un recul en janvier. Nous avons relevé une alcalinité spécifique à l'éclusette jusque 14,569, correspondant d'ailleurs à une valeur également élevée dans le Groot Gat (14,119).

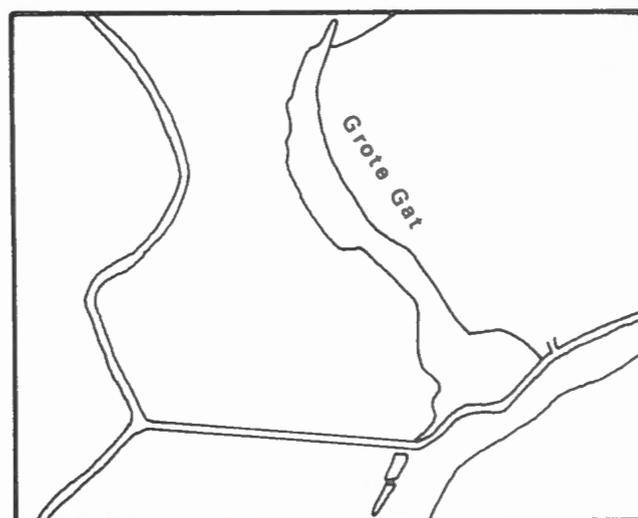


TABLEAU 94

Doel. Groot Gat, 1950-1951

Alcalinité	méq.	Cl	méq.	SO ₄	méq.	Total méq.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.
5,577	5,777	5,222	147,294	701	14,594	167,465	3,330	87,955	1,068
5,247	5,247	3,299	93,053	439	9,140	107,440	4,884	86,609	1,590
8,217	8,217	0,582	16,416	88	1,832	26,465	31,049	62,029	14,119
7,920	7,920	0,565	15,937	77	1,603	25,460	31,011	62,596	14,018
9,514	9,514	0,946	26,683	115	2,394	38,591	24,653	69,143	10,057
7,170	7,170	1,268	35,766	160	3,331	46,267	15,497	77,303	5,655
7,092	7,092	0,808	22,791	108	2,249	32,132	22,071	70,929	8,777
6,057	6,057	1,190	33,566	155	3,227	42,850	14,135	78,334	5,090
5,910	5,910	1,992	56,187	261	5,434	67,531	8,752	83,202	2,967
4,996	4,966	2,316	65,326	301	6,266	76,588	6,523	85,295	2,157
4,777	4,777	2,255	63,605	298	6,209	74,586	6,405	85,277	2,118
5,489	5,489	2,233	62,957	291	6,059	74,505	7,367	84,500	2,458
5,540	5,540	2,143	60,446	280	5,830	71,816	7,714	84,168	2,585

TABLEAU 95

Doel. Groot Gat, éclusette

Alcalinité	még.	Cl	még.	SO ₄	még.	Total még.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.
3,784	3,784	7,045	198,714	959	19,966	222,467	1,701	89,324	0,537
5,346	5,346	3,149	88,822	378,5	7,880	102,048	5,239	87,039	1,697
8,217	8,217	0,564	15,908	88	1,832	25,957	31,656	61,286	14,569
6,605	6,605	0,469	13,229	69	1,437	21,271	31,052	62,193	14,083
9,630	9,630	0,955	26,937	124	2,582	39,149	24,598	68,806	10,084
5,230	5,230	2,476	69,839	368	7,662	82,731	6,322	84,417	2,112
7,092	7,092	0,825	23,270	118	2,457	32,819	21,609	70,904	8,596
6,107	6,107	1,234	34,807	187	3,899	44,807	13,630	77,682	4,949
3,945	3,945	5,212	147,012	704	14,657	165,614	2,382	88,768	0,757
4,026	4,026	5,721	161,365	782	16,281	181,675	2,216	88,822	0,704
3,977	3,977	3,924	110,682	528	10,993	125,652	3,165	88,086	1,014
5,398	5,398	2,167	61,123	303	6,308	72,829	7,412	83,927	2,491
4,042	4,042	3,198	90,204	468	9,744	103,990	3,887	86,743	1,264

4. - Silice.

Au Groot Gat on obtient 149,8 mg SiO₂ par litre en novembre et 10,7 mg/litre au mois de mars. A l'éclusette, également au mois de novembre 214 mg/litre et 13,37 mg au mois d'août.

En 1950-1951, l'eau du Groot Gat accusait une alcalinité spécifique de 1,068 à 14,11; celle de l'éclusette variait entre 0,537 et 14,569.

En 1959, elle était respectivement de 0,789 et de 0,803 pour le Groot Gat et son éclusette.

Doel Groot Gat 5.X.1959

Alcal. 5,016 még. 5,016
Cl g/l 6,359 még. 179,364

total még. 202,365

CO₃ % 2,479
Cl % 88,640
Alcal. spéc. 0,789

Eclusette

Alcal. 5,136 még. 5,136
Cl g/l 6,396 még. 180,408

total még. 203,849

CO₃ % 2,520
Cl % 8,501
Alcal. spéc. 0,803

TABLEAU 96

	Groot Gat			Eclusette		
	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l
X	329	315	—	379	428	—
XI	247	200	150	242	200	214
XII	193	48	43	188	38	—
I	182	46	107	160	28	21,4
II	231	54	43	238	65	43
III	206	88	11	211	133	21,4
IV	177	49	49,2	176	58	35,3
V	172	73	53,5	179	76	94,2
VI	205	131	29,4	306	305	27
VII	196	159	48	327	398	67
VIII	190	142	54	247	238	13,4
IX	208	138	30	203	138	27
X	214	128	27	216	190	—

C. — Lillo. Fort et eaux stagnantes des environs.

En 1941, feu W. CONRAD a publié une étude approfondie sur les eaux saumâtres de Lillo. Nous lui empruntons l'essentiel. Depuis les travaux portuaires, la surélévation des terrains environnants au moyen de sable de dragage, a profondément modifié le faciès typiquement poldérien de la région. Certaines ont même disparu.

1. Mare (Put).

L'eau de cette mare offre, au plus haut degré, ce manque de transparence qui caractérise les eaux eutrophes. Mesurée par la méthode à l'écriture de SNELLEN, elle atteint à peine 5 à 6 cm en juillet et août, alors qu'au mois de décembre elle s'élève à 30 (eau optiquement vide).

Au cours des explorations de W. CONRAD, l'eau de cette mare a passé par deux ou trois teintes différentes, déterminées par la composition spécifique du plancton. D'une façon générale et durant la plus grande partie de l'année, elle est jaune-brunâtre à jaune-brun olivâtre. De temps en temps on assiste à l'accentuation de la teinte jaune-brun, sans mélange verdâtre. Elle est due au développement intense d'un Péridinien nu : *Massartia rotundata* LOHMANN [syn. *Katodinium rotundatum* (LOHMANN) LOEBLICH] et d'une Chrysomonadine : *Pseudopedinella piriformis* CARTER, en mélange ou séparés, caractéristiques tous deux de cette mare.

La variante verdâtre est due, surtout, à la présence en grande quantité, de deux volvocales : *Pyramidomonas cuneata* W. CONRAD et *Carteria excavata* J. MAS-SART.

Durant le mois de décembre, l'eau de la mare a été à peu près incolore.

1. - pH.

En envisageant les fluctuations saisonnières du pH, on constate que sa valeur a varié de 7,27 à 7,72. La valeur maximum correspond aux mois de juin, juillet, août et septembre; la valeur minimum au mois de décembre et janvier. La courbe qui traduit cette variation est à peu près inverse de celle des variations de la concentration en Calcium (situation en 1938-1939). L'eau de la mare constitue ainsi une solution légèrement alcaline.

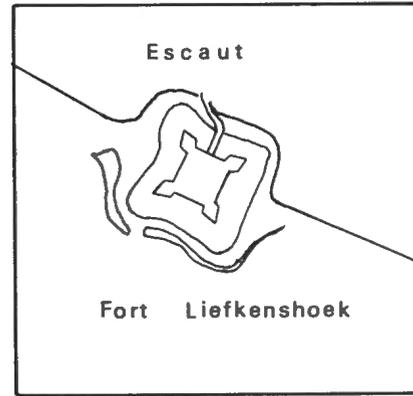
2. - Chlorinité.

La quantité de Cl en gr/litre a varié de 1,0258 à 4,2247 avec une moyenne de 2,5834.

2. - Eaux des douves du Fort.

Les renseignements au sujet des fossés de l'ancien fort sont moins nombreux.

Durant presque toute l'année, l'eau du fort a une teinte jaune-brunâtre parfois un peu près olivâtre et une turbidité plus ou moins prononcée. Elle n'est limpide et à peu près incolore que durant une partie de l'hiver.



Comme pour les mares, cette coloration est due à la pullulation de certaines diatomées ou de certaines Flagellates, en plus de *Heterocapsa triquetra* (EHRENBERG) STEIN, *Pyrodinium phoneus* WOLOSZYNSKA et CONRAD, etc.

Chlorinité.

Seule la concentration en Cl a été mesurée et W. CONRAD a obtenu un maximum de 13,67 g NaCl par litre et un minimum de 2,16 g NaCl‰.

L'auteur en conclut que la salinité de la mare (sub 1°) est comprise entièrement dans le spectre a-mésosalin. Aux treize mois d'observations envisagés ne correspond qu'une seule valeur (moyenne mensuelle) inférieure à 1,65 NaCl‰, c'est-à-dire appartenant à la région oligohaline.

Les fossés des anciennes fortifications contenaient une eau dont la salinité est la plus élevée de toutes les stations explorées par W. CONRAD à Lillo. Pendant toute l'année, l'eau est réellement saumâtre, au sens propre du mot, c'est-à-dire située uniquement dans la région des a- et b-mésosalines du halo-spectre. Son plancton d'ailleurs est fort différent de celui récolté ailleurs dans la région. Le caractère « marin » y est beaucoup plus accentué. Ils constituent la seule station où abondent, à certaines périodes de l'année, des organismes inférieurs venus de la Mer flamande : nombreux Péridiniens, Diatomées du groupe Centriceae.

D. — Kalloo. 1. - Melkader.

Nous n'avons eu l'occasion d'examiner l'eau du Melkader qu'une seule fois, le 5.X.1959.

1. - pH.

Le pH était situé dans la zone très alcaline 8,9 avec une alcalinité de 4,572 méq., une chlorinité de 7,640 gr Cl/litre et une alcalinité spécifique de 0,598.

2. - Sulfates.

On a mesuré une concentration de 1,078 g SO₄/litre.

3. - Calcium et Magnésium.

Les concentrations étaient respectivement de 234,1 et 481,2 mg/litre.

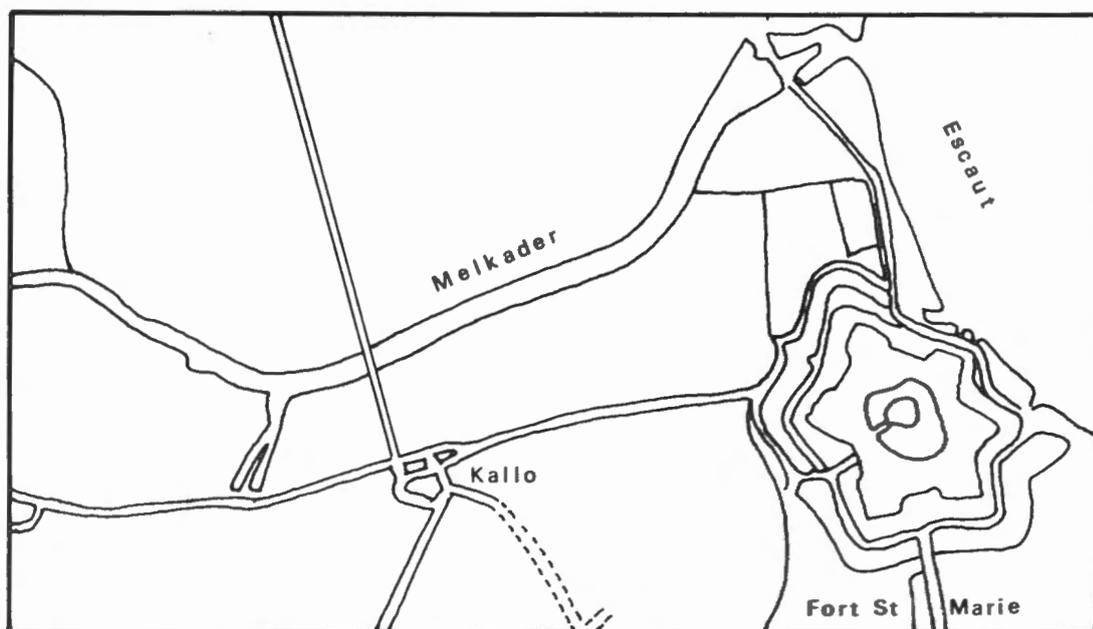


FIG. 18. — Le Grote Gat à Doel, le Fort de Liefkenshoek et le Melkader à Kallø.

4. - Quant aux silicates, ils accusaient une concentration de 3,906 mg/litre.

Alcal.	4,572	méq.	4,572
Cl g/l	7,640	méq.	215,513
		total méq.	242,667
CO ₃ %	1,884		
Cl %	88,810		
Alcal. spéc.	0,598		

2. — Pour le *Fort Ste-Marie* comprenant deux grands fossés concentriques, nous ne l'avons visité qu'une seule fois bien avant l'époque où nous pouvions exécuter des analyses. Nous ne connaissons donc que la composition du phytoplancton tel qu'il se présentait à cette date.

E. — **Kieldrecht. Weel.**

Nous avons pu examiner ce weel à trois reprises.
 Chlorinité : maximum 0,8828; minimum 0,3014 Cl/litre.
 Alcalinité : maximum 5,96; minimum 4,75. Alcalinité spécifique 19,774 et 5,380.
 Sulfates. 134,4 et 125,4 mg SO₄/litre.
 Ca. — 272,3 et 150,4 mg/litre.

Alcalinité	5,96	4,75
méq.	5,96	4,75
Cl g/litre	0,3014	0,8829
méq.	8,501	24,903
SO ₄ mg/litre	134,4	125,4
méq.	2,798	2,611
Total méq.	17,259	32,264
CO ₃ %	34,532	14,722
Cl %	49,555	77,185
Alcalinité spéc.	19,774	5,380

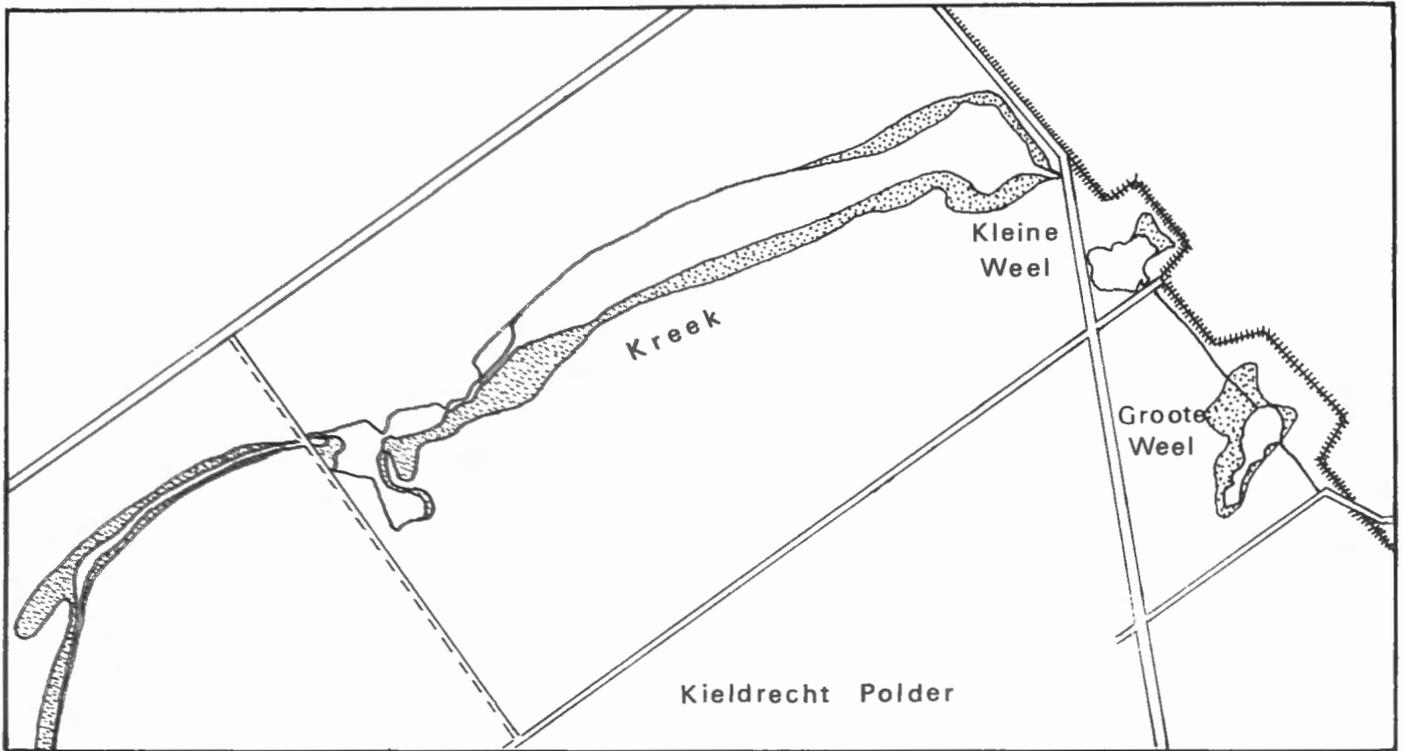
En novembre 1958, nous y avons mesuré :

Chlorinité :	0,472 g Cl/litre	Calcium :	165,5 mg Ca/litre
Alcalinité :	5,414 méq.	Magnésium :	32,4 mg Mg/litre
Sulfates :	151,9 mg SO ₄ /litre		
Acide humique :	1,6 mg/litre		

M. DE RIDDER (1949, 1950, 1951) y avait mesuré :
 pH : 7,2 à 9,3 SO₄ : 119 à 633 mg/litre
 Alcalinité : 2,6 à 6,8 Ca : 117,4 à 218,7 mg/litre
 Chlorinité : 0,100 à 5,060 Cl/l

TABLEAU 97

Alcalinité	méq.	Cl mg/l	méq.	SO ₄ mg/l	méq.	Total méq.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.
5,200	5,200	563,9	15,906	149,8	3,119	24,225	21,465	65,659	9,221
5,930	5,930	762,2	21,502	142,2	2,961	30,393	19,511	70,747	7,779
4,984	4,984	349,7	9,864	75,4	1,570	16,418	30,356	60,080	14,252
5,312	5,312	220,0	6,205	86,4	1,799	13,316	39,892	46,598	24,145
5,720	5,720	106,6	3,007	93,4	1,945	10,672	53,598	28,177	53,659
5,110	5,110	92,2	2,601	75,5	1,572	9,283	55,047	28,019	55,423
6,080	6,080	250,1	2,054	91,4	1,903	15,037	40,434	46,911	24,310



F. — Meerdonck.

Entre Meerdonck et St-Gillis Waas, près du Galgendijk, s'étend la Grote Geul (St-Jacobsgat) (L. VAN MEEL, 1960, tableau 2, p.8).

Comme résultats pour 1953 et 1958, on peut noter :

En 1958, nous avons observé 1,4 - 2,5 et 1,4 mg d'acide humique par litre.

D'après les endroits, l'eau de cette crique accuse une chlorinité variant de 92,2 à 762,3 mg Cl/litre, cette dernière valeur observée en juillet 1953, la première au cours du mois d'avril.

L'alcalinité varie entre 4,984, durant le mois de décembre 1953 et 6,080 également en décembre 1958.

On a observé des variations pour les sulfates entre 149,8 mg SO₄/litre en avril 1953 et 75,4 mg/litre en décembre 1958.

Calcium et magnésium ne varient guère que dans des limites relativement étroites, mais la silice subit des fluctuations très importantes : de 8,6 à 34,2 mg/litre, cette dernière valeur se manifestant en avril 1953.

	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l
1953	149,7	21,8	9,6
	170,7	24,9	15,5
1958	143,4	21	10
	129	18,5	9,4
1953	142	22	8,6
	127	19,4	34,2
1958	151	23,2	9,8

Résultats de 1958 :

Alcalinité	6,080
méq.	6,080
Cl mg/litre	0,250
méq.	7,054
SO ₄ mg/litre	91,4
méq.	1,903
Total méq.	15,037
d'où	
CO ₃ ‰	40,43
Cl ‰	46,9
Alcalinité spécifique	24,31

En prenant comme base l'eau de la Mer du Nord (1951-1955) avec une alcalinité de 2,454, nous nous trouvons ici en présence d'une eau beaucoup plus alcaline, atteignant plus que le double de celle-là. Ce qui conduit à une eau se caractérisant par un ‰ de CO₃ de 19,5 à 55,0 ‰; une eau comme celle du Canal Albert (qui rejoint l'Escaut à Antwerpen), par exemple, n'accusant en moyenne qu'une alcalinité de 2,226, ce qui porte le ‰ du CO₃ à 48,1 ‰.

G. — Overslag et Moerbeke Polder. Grote Kreek.

Par une erreur dans l'interprétation des cartes topographiques au 20.000^e, la Grote Kreek a été située une fois à Overslag, une fois dans le Moerbeke Polder. Il s'agit en réalité de la même eau examinée une première fois en avril 1953, une seconde fois en novembre 1958.

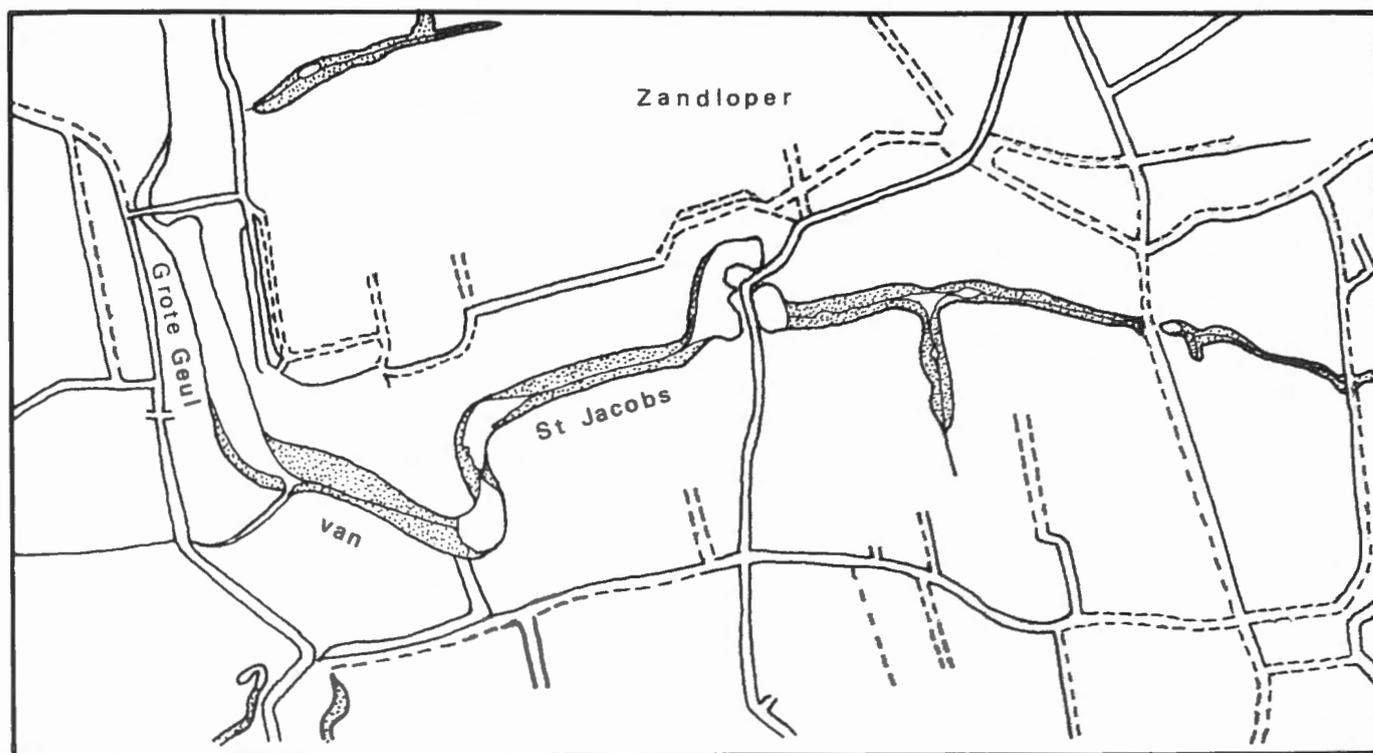


FIG. 19. — La crique à Kieldrecht et la crique Grote Geule van St-Jacobs à Meerdonk, (St-Jacobsgat).

	1953	1958
Alcalinité	5,32	4,934
méq.	5,32	4,934
Cl mg/litre	362,8	393,5
méq.	10,232	11,10
SO ₄ mg/l	25,2	60,2
méq.	0,525	1,253
Total méq.	16,08	17,29
d'où		
CO ₃ %	33,1	28,54
Cl %	63,64	64,21
Alcal. spéc.	14,66	12,54

L'acide humique accusait 3 mg/litre et la silice s'élevait, en avril 1953, à 33,2 mg/litre et à 7,9 mg/litre en novembre 1958.

Les deux résultats que nous possédons pour les sulfates montrent un gradient élevé : de 25,2 à 60,2 mg SO₄/litre.

Calcium et magnésium ne varient que dans des limites très étroites, toutes choses égales d'ailleurs, étant donné le nombre restreint de mesures.

	Ca mg/l	Mg mg/l
1953	129,8	37
1958	120,4	34,8

On déduit du calcul du % de CO₃, que l'eau de la Grote Kreek a une concentration de 28,5 à 33 %.

H. — Molenkreek.

Près de la frontière des Pays-Bas, au Nord de Assende, dans le St-Lievenspolder, s'étend la crique : Molenkreek. Nous l'avons examinée en avril 1953 (L. VAN MEEL, 1960 p.15, tableau 8).

1. - pH.

Près des deux extrémités de cette crique, nous avons mesuré, à l'époque, un pH de 8,6 à 8,65.

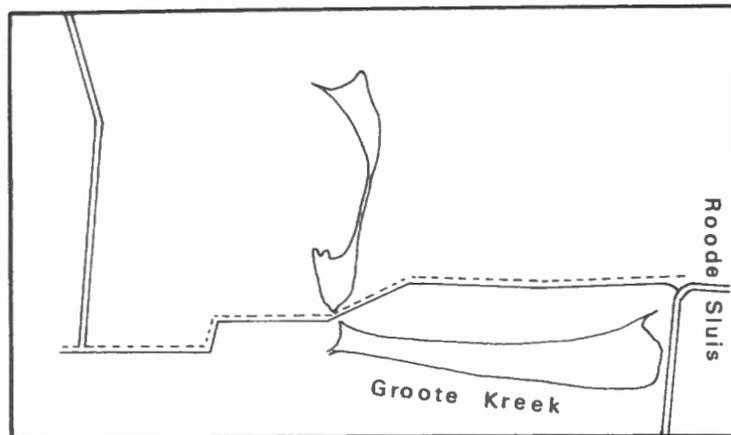
2. - Alcalinité.

Pour ce paramètre, l'écart entre les mesures aux extrémités était relativement considérable : 10,4 et 8,65.

3. - Chlorinité.

Aux mêmes endroits, nous avons relevé une chlorinité de 2,025 et 3,236 g Cl au litre. D'où une alcalinité spécifique de 5,136 et 2,410 respectivement.

La comparaison de cette chlorinité avec les résultats obtenus depuis par H.J. DUMONT en 1967 et A. CAL-



JON de 1973 à 1976, permet de constater une augmentation très nette de la concentration en Cl qui de 3,236 (VAN MEEL) passe à 3,650 (DUMONT) à 7,800 (CALJON). Suivant ce dernier auteur, cette augmentation, qui se manifeste d'ailleurs également pour d'autres criques de la région, serait due à des infiltrations d'eaux salées, provenant d'une part du sous-sol, et en second lieu plus que probablement à une infiltration latérale depuis la mer, sous forme d'un coin s'introduisant progressivement vers l'intérieur des terres. A. CALJON s'est basé sur les travaux de J.B. AMERYCKX, (1959, 1975), H. COOPER (1964), R.M. GARRELS (1949), F. KOHAUT (1961), T. TAVERNIER (1949, 1954), A. VOLKER (1961), auxquels nous renvoyons.

4. - Les concentrations en sulfates manifestent également un écart particulièrement élevé: 156,26 et 436,02 mg SO₄/litre.

5. - Il en est de même pour la silice qui varie de 53,5 à 141,77 mg SiO₂/litre.

La Molenkreek a été examinée par H.J. DUMONT et A. CALJON.

	VAN MEEL	DUMONT	CALJON	
	1953	1967	1973	1976
pH	8,6	7,4	7-4-7,3	8,0-9,0
Alcalinité	7,8-10,4	—	—	5,9-13,3
Cl mg/litre	2,025-3,236	3,650	0,990-2,940	6,170-7,800
Ca mg/litre	136-149			176-449
Mg mg/litre	73-24			343-508

Remarquons, toutes choses égales, l'augmentation considérable en 1976 des concentrations en calcium et magnésium.

I. — St. Elooiskreek.

Dans le St-Elooispolder, le long de la frontière néerlandaise, se trouve la St-Elooiskreek, que nous avons visitée près de l'endroit dénommé Oudenbergse Sluis (Wachtebeke). (L. VAN MEEL, 1960, tableau 4).

Examinée à plusieurs reprises, en 1953, l'eau a donné les résultats suivants :

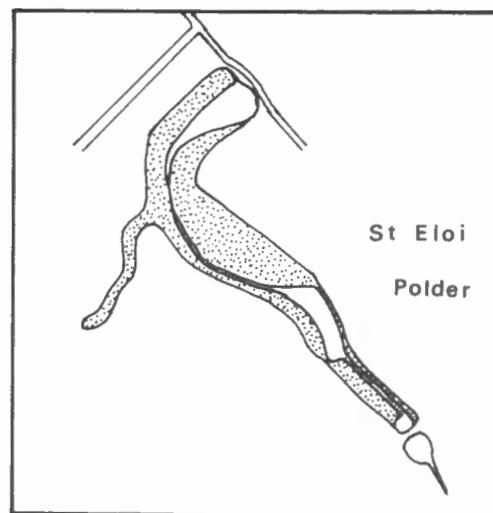


TABLEAU 98

Alcalinité	méq.	Cl mg/l	méq.	SO ₄ mg/l	méq.	Total méq.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.
7,36	7,36	571,9	16,31	70,56	1,469	25,139	29,487	64,627	12,869
5,950	5,950	409,3	11,545	51,6	1,074	18,569	32,043	62,174	14,537
5,88	5,88	411,3	11,601	49,6	1,033	18,514	31,760	62,661	14,296
7,24	7,24	661,27	18,652	69,2	1,441	27,333	26,488	68,240	10,949

6. - La concentration en Ca ne diffère que de très peu : 149 et 136 mg Ca/litre.

7. - Mais dans le cas du magnésium, la différence est remarquable : 73 et 241 mg Mg/litre.

Alcalinité	10,4	7,8
méq.	10,4	7,8
Cl mg/litre	2025	3236
méq.	57,12	91,7
SO ₄ mg/litre	156,3	436,02
méq.	3,253	9,082
Total méq.	70,771	108,155
d'où		
CO ₃ %	14,7	7,2
Cl %	80,7	84,4
Alcal. spéc.	5,136	2,410

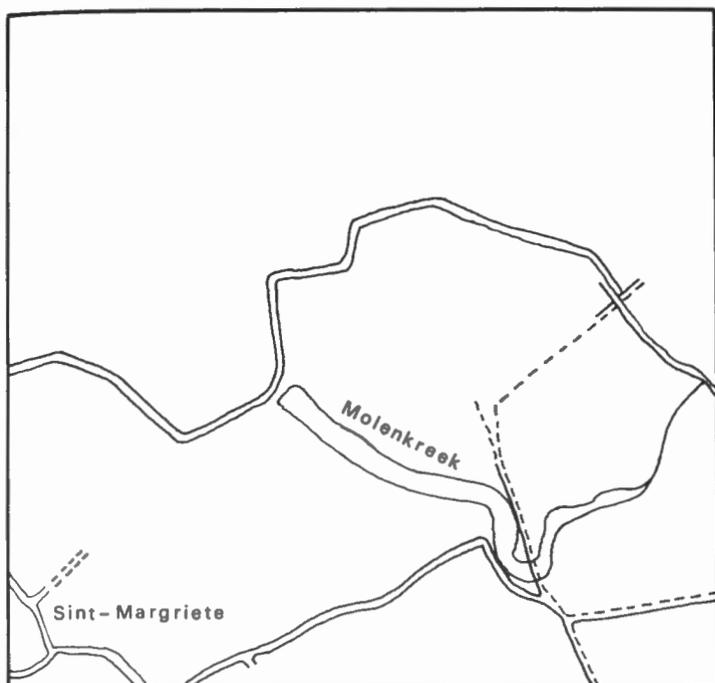


FIG. 20. — La crique Molenkreek St-Lievenspolder.

Revue en 1958, nous lui avons trouvé la composition suivante :

pH.
de 8,15 à 8,28

Alcalinité	7,560	méq.	7,560
Cl gr/litre	0,645	méq.	18,205
SO ₄	94	méq.	1,957

		total méq.	27,726
SiO ₂ mg/l	8,43		
Ca mg/l	167,2	méq.	8,343
Mg mg/l	40,5	méq.	3,330
Acide humique :	3,3 mg/l		
d'où			
CO ₃	= 27,3 %		
Cl	= 65,7 %		
avec une alcalinité spécifique de 11,7			

	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l
1953	163	39,4	66,34
	132	32	66,34
	130	31,4	66,34
	160	39	66,34
1958	167	41	8,5

J. — Hollandersgatkreek.

Hollandersgat et Vrouwkenshoek sont en réalité les deux extrémités d'une crique: Blokkreek située entre St-Margriete et le Leopoldskanaal.

Résultats analytiques de 1951 et 1953.

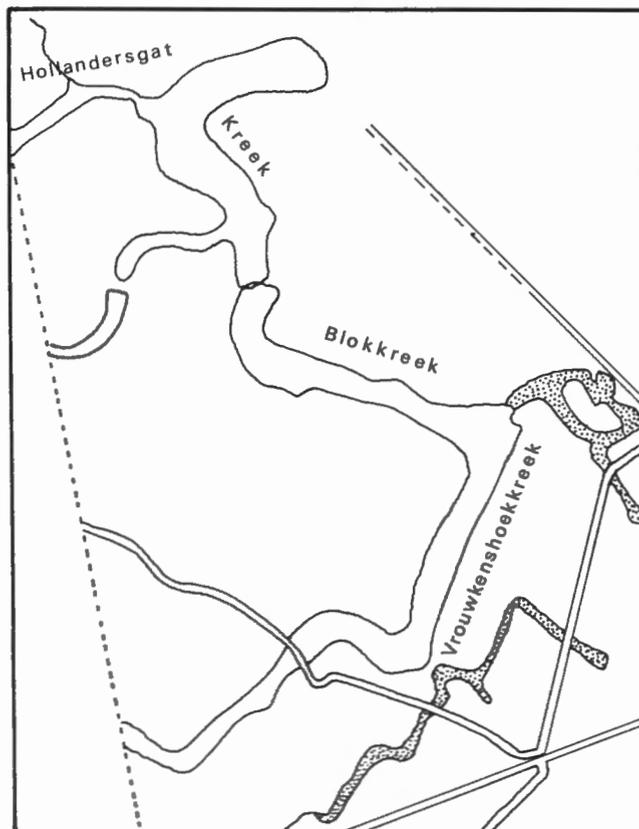


FIG. 21. — Cirques dans le Overslag et Moerbekepolder, dans le polder St-Eloi et à St-Jan in Eremo.

En 1958, la situation se présentait comme suit :

Alcalinité	10,200
méq.	10,200
Chlorinité Cl mg/l	1487
méq.	41,951
SO ₄ mg/l	186
méq.	3,489
Total méq.	55,649
d'où :	
CO ₃	18,33 %
Cl	75,86 %
Alcalinité spécifique :	6,86

La même année, la concentration en acide humique s'élevait à 5,5 mg/l.

	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l
1951	135	95,4	—
	149,1	105,3	0,91
1953	138	98	0,54
	201,3	142,4	0,11
1958	149,1	106	24

Examinée quelques années plus tard, l'eau ne manifeste que des différences peu considérables.

TABLEAU 99

Alcalinité	méq.	Cl mg/l	méq.	SO ₄ mg/l	méq.	Total méq.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.
8,876	8,876	956	26,965	221	4,601	40,442	21,947	66,676	9,285
9,797	7,797	1285	36,245	260	5,430	51,472	19,034	70,417	7,624
9,08	9,08	1229,2	34,671	259,5	5,403	49,154	18,473	70,535	7,387
13,245	13,245	1414,75	39,904	394,4	8,211	61,360	21,586	65,033	9,362

	VAN MEEL		DUMONT		CALJON		
	1951	1953	1958	1967	1973	1973-74	1976
pH	8,6	8,7	8,0	8,8	7,5		9,1
Alcalinité	8,9-9,8	9,1-13,2	10,2	8,3			8,9
Chlorinité	0,956-1,285	1,229-1,415	1,487	1,491	1,090	1,280	
Sulfates	221-260,8	259,5-394,4	168				
Ca	135-149	138-201	149	86			
Mg	95-105	98-142	105	151,5			

K. — Vrouwkenschhoek.

Nous avons pu examiner cette partie de la crique à plusieurs reprises en 1951, 1953 et 1958.

TABLEAU 100

Alcalinité	méq.	Cl mg/l	méq.	SO ₄ mg/l	méq.	Total méq.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.
10,185	10,185	608	17,149	36	0,750	28,094	36,266	61,063	16,752
11,3	11,3	1297	36,584	90,4	1,882	49,766	22,706	73,512	8,712
12,132	12,132	1342	37,853	94,5	1,967	51,952	23,352	72,861	9,040
13,4	13,4	1556	43,889	114,9	2,392	59,681	22,453	73,539	8,612
10,937	10,937	1041	29,297	77,4	1,611	41,911	26,096	70,060	10,506
11,745	11,745	12185	343,694	97,0	2,020	357,459	3,286	96,149	0,964
13,07	13,07	1464	41,294	130,6	2,719	57,083	22,896	72,340	8,928

En 1958 nous avons mesuré respectivement à droite et à gauche :

	droite	gauche		droite	gauche
Alcalinité	11,480	11,92	méq.	1,534	1,534
méq.	11,480	11,92	Total méq.	31,311	41,65
Chlorinité mg Cl ‰	648,7	1000,6	Alcalinité spécifique	17,69	11,88
méq.	18,297	28,223	d'où :		
Sulfates SO ₄ mg/l	73,7	73,7	CO ₃ %	36,66	28,62
			Cl %	58,43	67,76

En novembre et décembre 1958, la concentration en acide humique atteignait 27,7 et 24,2 mg/litre.

	VAN MEEL			DUMONT	CALJON		
	1951	1953	1958	1967	1973	1973-74	1976
pH	7,8-8,5	8,3	7,6-8,0	7,7	7,4-7,5		8,2-9,0
Alcalinité	10,2-11,3	11,7-13,4	11,5-11,9				7,3-12,7
Chlorinité	0,608-1,297	1,342-1,556	0,649	8,66	0,780-1,130		0,640-1,420
Ca	126-140	146-166	143-148				112-144
Mg	60-69	71-83	68-75				68-83

	Début			Extrémité		
	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l
1951	126,5	60	—	137,3	69	
1953	140,3	67		146,1	74	
	150,3	71,3				
1958	166,4	79	15,5	162,9	82,5	17,2
	143	68		148,3	75,1	

L. — Boerenkreek.

Sur le territoire de St.-Jan in Eremo, nous trouvons la crique : Boerenkreek, en relation avec la Oostpolderkreek.

TABLEAU 101

Alcalinité	még.	Cl mg/l	még.	SO ₄ mg/l	még.	Total még.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.
8,876	8,876	1659	47,810	151	3,144	57,830	14,835	79,909	5,237
7,680	7,680	1402,3	39,554	212,2	4,418	51,652	14,869	76,578	5,477
7,566	7,566	868	24,483	204	4,247	36,296	20,845	67,454	8,717
8,32	8,32	902,3	25,451	219,2	4,564	38,335	21,703	66,391	9,221
7,33	7,33	1412,9	39,853	212,9	4,433	51,616	14,201	77,211	5,188

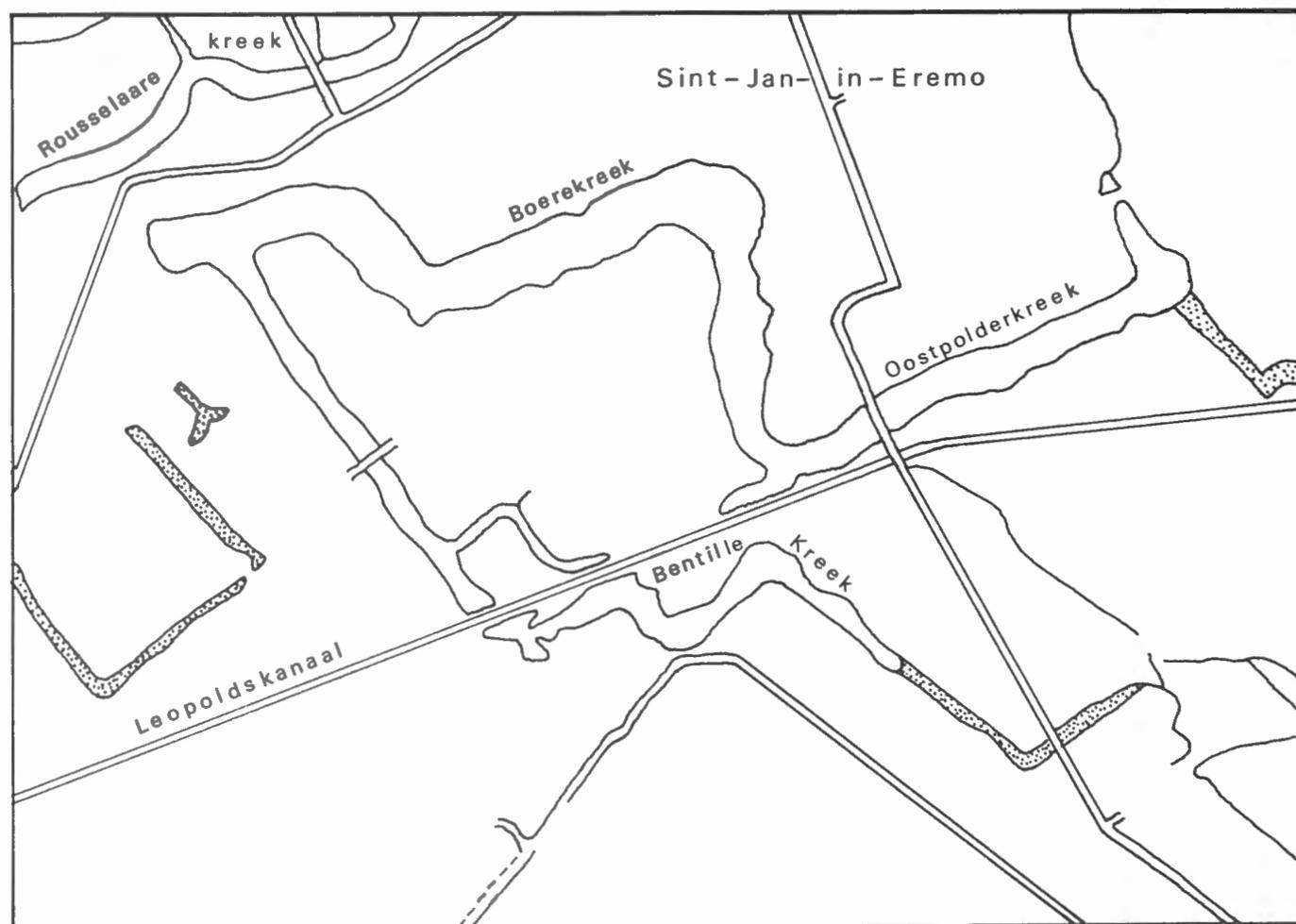


FIG. 22. — Les criques à St-Jan in Eremo/Rousselaerekreek, Boerenkreek, Oostpolderkreek, Bentillekreek.

L.I.J. VAN MEEL. — LES EAUX SAUMÂTRES

Examen de 1958 :

Alcalinité	9,941	8,776	még.	3,065	4,345
még.	9,941	8,776	Total még.	45,440	62,26
Chlorinité Cl mg/l	1150	1742,1	d'où :		
még.	32,434	49,14	CO ₃ %	21,9	14,1
Sulfates SO ₄ mg/l	147,2	208,7	Cl %	71,4	79,0
			Alcalinité spécifique :	8,645	5,04

	VAN MEEL			DUMONT	CALJON		
	1951	1953	1958	1967	1973	1973/74	1976
pH	8,0-9,1	8,6-8,8	8,0-8,2	8,5	7,2	6,4-8,8	8,7
Alcal.	6,0-8,9	7,3-8,3	8,9-9,9	7,8	6,9	10,6-8,0	
Cl mg/l	868-1695	902-1402	1149	1811	1160	640-1600	2300
Ca mg/l	102-133	115-124	148	167	120-192	80	
Mg mg/l	72-91	79-100	91-126	132,2	53,129	158	

En ce qui concerne les sulfates : on a noté, en 1958, les différences suivantes entre la partie ouest et est de la crique :

	1951	1953	1958
Ouest	151-121,4	212,2	147,2
Est	204-314	219,2-212,9	208,7

En novembre-décembre, nous avons observé une concentration en acide humique de 8,7 et 7,0 mg/litre.

	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	SiO ₂ mg/l
1951	133	82	69,5	128	91	43
	120	74	0,26	102	72,3	—
1953	115	80	159,4	141	100	40,12
				124	88	107
1958	148,3	92	35,3	148,3	126	18,5

M. — Oostpolderkreek.

TABLEAU 102

Alcalinité	még.	Cl mg/l	még.	SO ₄ mg/l	még.	Total még.	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spéc.
9,506	9,506	1810	51,054	180,8	3,764	64,324	14,779	79,370	5,252
15,376	15,376	2740	77,285	245,6	5,113	97,774	15,726	79,045	5,612
10,573	10,573	2393	67,498	214,4	4,464	82,535	12,810	81,781	4,418

Examen de 1958 :

Alcalinité	12,816	még.	3,641
még.	12,816	Total még.	49,32
Cl mg/litre	1165	d'où :	
még.	32,860	CO ₃ %	25,9
SO ₄ mg/litre	175	Cl %	66,6
		Alcalinité spécifique	11,001

	VAN MEEL			DUMONT	CALJON		
	1951	1953	1959	1967	1973	1973-74	1967
pH	7,55-7,65	8,58	7,9	7,8	8,2		8,8
Alcal.	9,51-10,57	15,38	12,82				6,4
Cl g/l	1,81-2,39	2,74	1,165	2,201	1,0	4,11	
SO ₄ mg/l	181-214	246	175				
Ca mg/l	146-162,3	236,1	197				128
Mg mg/l	73-81,2	118,2	98,4				272
SiO ₂ mg	2,14-2,14	1,88	25,57(?)				

L'acide humique s'élevait à 11,1 mg/litre.

N. — Assenede.

Dans cette région, Rode Geule et Grote Geule ont fait l'objet d'un certain nombre d'investigations par différents auteurs.

1. - Rode Geule.

Nous avons examiné cette crique à deux points différents : à son contact avec le Philippinedijk et au Doornedijk.

	Philippinedijk			Doornedijk
	IV. 1953	VII. 1953	XI. 1958	VII. 1953
pH	8,45	8,2	7,8	8,38
Alcal.	6,38	5,75	5,32	5,26
Cl mg/l	241,5	452,07	389,8	239,33

	Philippinedijk			Doornedijk
	IV. 1953	VII. 1953	XI. 1958	VII. 1953
SO ₄ mg/l	88,0	96,0	58,6	54,8
SiO ₂ mg/l	19,26	19,26	8,607	46,01
Ca	93,5	84,3	78,6	77,1
Mg	57,5	51,8	48,4	47,4
Na	—	—	369,3	—
K	—	—	24,0	—

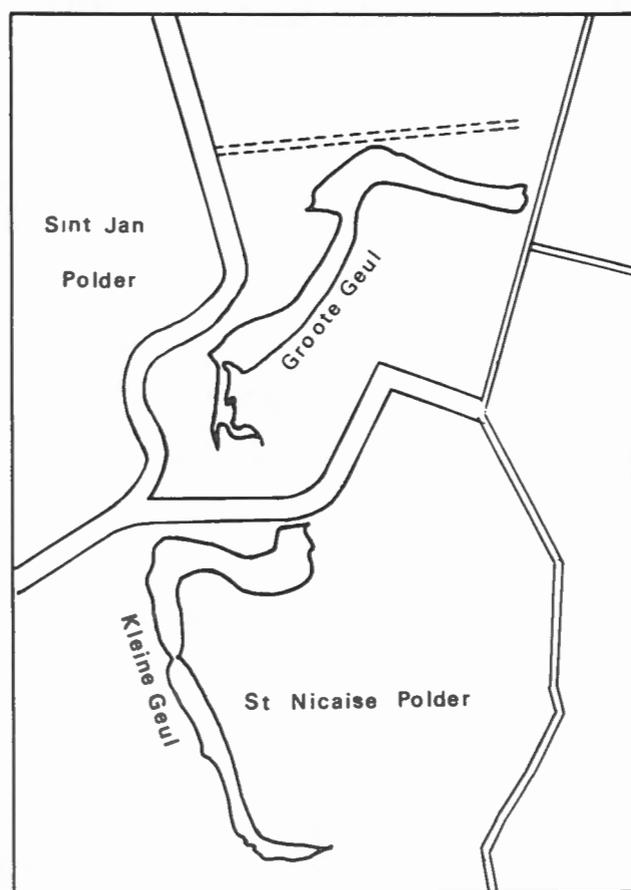


TABLEAU 103

Alcalinité	méq.	Cl mg/l	méq.	SO ₄ mg/l	méq.	Total méq.	CO ₃ ‰	Cl ‰	Alcal. spéc.
6,38	6,38	241,5	6,812	88,0	1,832	15,024	42,465	45,341	26,418
5,75	5,75	452,07	12,751	96,0	1,999	20,500	28,049	62,200	12,719
5,26	5,26	239,33	6,751	54,8	1,141	13,152	39,994	51,331	21,478

En 1958, nous avons mesuré :

Alcalinité	5,32
méq.	5,32
Cl mg/litre	3,89
méq.	10,995
SO ₄ mg/litre	58,6
méq.	1,220

Total méq.	17,535
d'où :	
CO ₃	30,34 ‰
Cl	62,7 ‰
Alcalinité spécifique	13,648
Acide humique :	1,7 mg/litre

L.I.J. VAN MEEL. — LES EAUX SAUMÂTRES

	VAN MEEL		DE RIDDER	CALJON		
	1953	1958		1973	1973-74	1976
pH	8,45-8,2	7,8	7,1-8,3	7,2	6,4-8,5	7,9
Alcal.	6,38-5,75	6,32	—	—	—	—
Cl g/l	0,242-0,542	0,239-0,389	0,206-0,304	390-1790	1120-2230	1240-1840
SO ₄ mg/l	88-96	54,8-58,6	87-271			
Ca mg/l	93,5-84,3	77,1-78,6	63,4-105		140-208	80-172
Mg mg/l	57,5-51,8	47,4-48,4			90-153	90-139

2. - *Grote Geule.*

Par une erreur dans l'interprétation de la carte topographique au 20.000^e, nous l'avions mentionnée sous le nom de « Kleine Geule » dans notre travail de 1960.

	DE RIDDER	VAN MEEL	DUMONT	CALJON		
	1949-1951	1953-1958	1967	1973	1973-74	1976
pH	7,1-8,3	8,7-7,9	8,4	7,6	6,6-8,6	7,6
Alcal.	4,2-5,2	7,06-6,21	7,6	2,8-6,8	6,1	
Cl g/l	0,206-0,382	0,376-0,621	0,146	0,133	0,057-0,28	0,369
SO ₄ mg/l		104,6-115,7				
Ca	63-105	121,1-106,5	77	149-240		228
Mg		63,7-56	157,7	49-210		236

Acide humique : 1,9 mg/litre.

Alcalinité méq.	7,06	6,21
Cl mg/l	376,5	621,8
méq.	10,62	17,54
SO ₄ mg/l	104,6	115,7
méq.	2,178	2,409
Total méq.	19,858	26,158
CO ₃ ‰	35,55	23,74
Cl ‰	53,48	67,05
Alcal. spécif.	18,75	9,98

SO ₄ mg/l	155,3
méq.	3,233
Total méq.	30,862
d'où :	
CO ₃ ‰	22
Cl ‰	67,6
Alcalinité spécifique	9,155
Acide humique	2,0 mg/litre

O. — *St-Albertuspolder.*

Grote Kil.

Cette crique est située au nord d'Assenede et du Sas Gent, touche la frontière des Pays-Bas.

Visitée en 1953 et 1958, la crique renfermait une eau possédant les propriétés chimiques suivantes :

En 1958, nous y avons mesuré :

Alcalinité	6,77
méq.	6,77
Cl mg/l	739,5
méq.	20,859

	VAN MEEL		DUMONT	CALJON
	1953	1958	1967	1976
pH	8,5-8,6-8,44	7,88	8,4	8,1
Alcal.	8,0-7,28-5,75	6,77	4,0	5,3
Cl g/l	1,009-0,729-0,768	0,739	1,385	3,400
Ca mg/l	225-214-170	155	—	—
Ca mg/l	161,6-147-116	177	135	132
	55,1-50,1-39,6	60,4	120,9	263

Comme pour d'autres criques étudiées dans ce mémoire, on remarque l'augmentation progressive de la chlorinité de 0,729 (VAN MEEL) à 1,385 (DUMONT) et

TABLEAU 104

Alcalinité	méq.	Cl mg/l	méq.	SO ₄ mg/l	méq.	Total méq.	CO ₃ ‰	Cl ‰	Alcal. spéc.
8,0	8,0	100,8	28,457	225	4,684	41,941	19,445	69,169	7,929
7,28	7,28	738,9	20,842	214	4,455	32,577	22,347	63,978	9,852
5,75	5,75	767,64	21,652	170,4	3,548	30,950	18,578	69,958	7,490

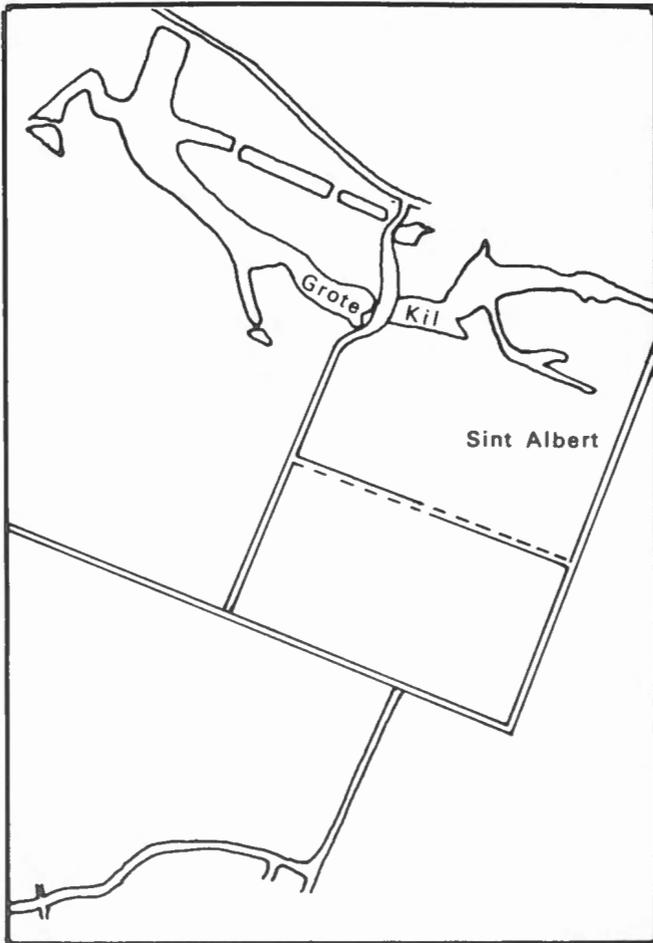


FIG. 23. — Crique dans le St-Albertspolder, Grote Kil; Kleine et Grote Geule à Assenede.

3,400 (CALJON). Le même accroissement se manifeste pour le magnésium : de 39,6 mg/l (VAN MEEL) à 120,9 (DUMONT) et 263 (CALJON).

P. — Zandvoorde-Oudenburg.

Nous n'avons pu visiter les criques de cette région qu'à deux reprises. Les résultats de ces premiers contacts ont été publiés en 1958. Depuis, une des trois, la Grote Keignaert Kreek, a été examinée plus en détail par M.C. LEJEUNE (1977-1978). L'auteur a donné une description détaillée de la région.

a. - Grote Keignaertkreek.

1. - Chlorinité.

En avril et juillet, la chlorinité, sans être très élevée, conférait cependant aux eaux du Keignaert un caractère légèrement saumâtre. On y a mesuré respectivement 0,8102 et 1,0867 g/Cl par litre, en moyenne.

2. - Sulfates.

La quantité de sulfates, sans être très élevée, est cependant appréciable : respectivement 1,3499 et 1,9515 g SO₄ par litre.

3. - Calcium.

La concentration en Ca est assez élevée : 0,2438 et 0,2456 mg/litre.

4. - Magnésium.

Les concentrations en Mg sont au contraire fort basses et dépassent à peine 60 mg au litre.

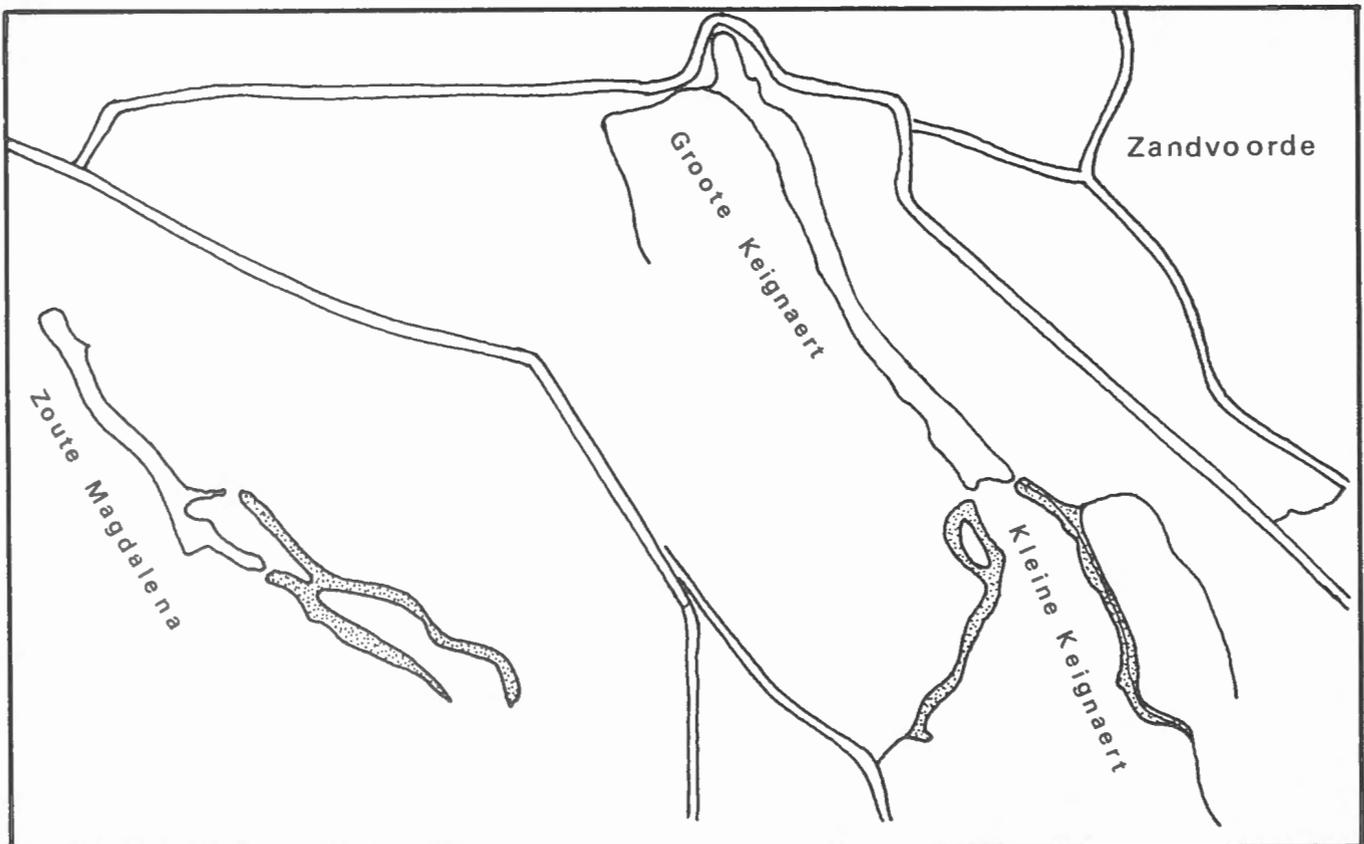


FIG. 24. — Les criques à Zandvoorde : Grote et Kleine Keignaert, Zoute Magdalena.

L.I.J. VAN MEEL. — LES EAUX SAUMÂTRES

	VAN MEEL		LEJEUNE		
	1953		1977-1978		
pH	8,9-8,9	8,45-8,55	7,3-9,2	7,1-9,2	7,2-8,8
Alcal. méq.	7,56-7,72	7,80-7,67	5,36-8,46	5,0-10,08	5,2-9,71
Cl mg/l	0,76-0,821	1,07-1,06	0,266-0,585	0,243-0,589	0,261-0,578
SO ₄ mg/l	146,2-124	199-192			
Ca	242-246	248-244			
Mg	49-15,5	46-46			

b. - *Kleine Keignaert.*

Nous n'avons pu examiner cette crique qu'une seule fois, le 14.IV.1953 (L. VAN MEEL) (1958).

Un pH de 8,0 et une alcalinité de 7,36 donnent à cet étang un caractère alcalitrophe très prononcé.

La chlorinité n'est pas très élevée : 0,4476 g Cl‰ et les sulfates ne s'élevaient qu'à 56,7 mg/litre.

c. - *Zoute Magdelena.*

Examinée à deux reprises en avril et juillet 1933.

pH : 8,72-9,15

Alcalinité : 7,38-8,10

Chlorinité : 0,875-1,3225

Sulfates : 113,4-177,3 mg/litre.

TABLEAU 105

	Grote Keignaert				Kleine Keignaert	Zoute Magdelena	
Alcalinité	7,56	7,72	7,80	7,67	7,36	8,10	7,38
még.	7,56	7,72	7,80	7,67	7,36	8,10	7,38
Cl g/l	0,7602	0,8206	1,0672	1,1062	0,4476	0,8775	1,3225
még.	21,442	23,146	30,102	31,202	12,625	250,402	37,303
SO ₄ mg/l	146,18	123,8	198,7	19,1	56,7	113,4	177,3
még.	3,043	2,578	4,137	0,398	1,180	2,361	3,691
Total még.	32,045	33,444	42,039	39,270	21,165	260,863	48,374
CO ₂ ‰	23,592	23,083	18,554	19,531	34,774	3,105	15,256
Cl ‰	66,912	69,208	71,605	79,455	59,650	95,990	77,114
Alcal. spéc.	9,944	5,408	4,665	6,934	16,443	0,912	5,580

En outre, A. CALJON a visité plusieurs criques que nous n'avons pas examinées. Nous en donnons ci-après les caractères chimiques principaux.

	pH	Alcal.	Cl g/l	Ca mg/l	Mg mg/l
Klein Geulken	8,1	5,9-13,3	1,35	64	134
Roeselarekreek	8,3		0,26-0,64		
			1,950		
Kappellenpolderkreek			5,12-1,35		
			9,79		
			14,18		
Kreekje Noorddijk			1,13-4,15		
Bentillekreek			1,31		
Kreekje Driedijk			3,30		
Kreekje Kattenhoek			0,21		

L'eau de certaines criques a été examinée ultérieurement par trois chercheurs, mais uniquement au point de vue de la chlorinité (en mg/litre) :

	RAMMELOO	FR. DE RAEVE	A.M. VERSTRAETE
	1971	1974-1975	1977-1978
Grote Geule		2800-2900	
Molenkreek	5500	2800-5600	6000
Oostpolderkreek	2500	2500-3200	5000
Boerenkreek	2300	1800-2300	2900
Vrouwkenshoek	2200	1800-2500	3500
Hollandersgat	2200	1700-2200	2000

(in A. CALJON)

CHAPITRE XII

Caractères généraux des eaux saumâtres de Basse-Belgique

Les pages précédentes comprenaient en ordre principal la partie analytique de notre mémoire. Dans ce chapitre, nous nous efforcerons à tirer parti de tout le matériel numérique accumulé afin de tenter une comparaison entre toutes ces eaux — courantes d'une part, stagnantes d'autre part — en relation ou non, lointaine ou proche, avec l'Escaut maritime ou la mer, en nous basant uniquement sur les paramètres géochimiques. Plus loin dans ce travail, une comparaison analogue se fera au moyen des données au sujet du phytoplancton.

L'importance que nous attachons à certains de ces paramètres est d'autant plus grande, que la plupart des auteurs n'en ont peu ou pas tenu compte. Ainsi, par exemple, les concentrations en ion sulfurique, dont la place dans les eaux qui nous occupent, qu'il s'agisse d'estuaires ou d'eaux stagnantes, n'est pas à sous-estimer. Il en est de même d'ailleurs pour l'alcalinité ou réserve alcaline, dont un mode d'expression, le % du CO_3 dérivé de la balance ionique, pourrait avoir une importance non négligeable dans un essai de comparaison.

Un des moyens d'approche les moins difficiles de la qualification d'une eau naturelle est précisément l'application rigoureuse de cette balance ionique.

Pour les lecteurs non familiarisés avec le principe de ces balances (ou bilans), nous faisons suivre ici quelques indications fondamentales. En 1951, J. KUFFERATH a d'ailleurs consacré une publication à ce sujet.

La variété presque infinie des eaux naturelles, dépend beaucoup plus des concentrations absolues et relatives des ions dissous que de la présence ou l'absence de certains ions. Presque toujours les eaux contiennent les mêmes constituants majeurs. Seules les concentrations sont variables.

L'exécution de diagrammes de référence et de dessins représentatifs figurant la composition d'une eau exige un certain nombre de calculs préliminaires. Les concentrations des ions composants — généralement exprimées en mg par litre — sont d'abord à transformer en millivalences-grammes, puis, enfin, exprimées en % relatifs des sommes des ions de même signe, c'est-à-dire que les anions seront exprimés en % de la somme des valeurs des anions et les cations en % de la somme des valeurs des cations.

Par définition, on ne comptera, bien entendu, que les ions fondamentaux suivants :

Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , CO_3^{--} , SO_4^{--} , et Cl^- . D'autres ions existant en solution dans l'eau, en minimes quantités, sont omis en principe.

Chaque ion envisagé interviendra dans ces totaux pour une valeur qui, selon les cas, variera entre chiffres extrêmes 0 et 100 %. Les six pourcentages relatifs ainsi obtenus sont ceux qu'on reportera sur une figure représentative de l'eau — dont il existe un certain nombre de variantes. Nous avons préféré la présentation en triangle équilatéral, ce système mettant en valeur d'autres propriétés encore.

Ces nombres sont ce que J. DELECOURT appelle l'analyse spécifique de l'eau, à cette exception près que Na^+ et K^+ sont totalisés ici comme alcalins.

Une telle balance ionique constitue en définitive l'unique moyen adéquat de contrôle de l'exactitude de l'analyse exécutée. En effet, la somme des équivalents des anions doit être égale, à 10 % près par définition, à celle des cations.

Si tel n'est pas le cas, l'analyse est à recommencer, malgré le travail long et parfois pénible que cela exige souvent. Nous tenons expressément à insister particulièrement sur cet aspect de la question. Il est extrêmement dangereux de vouloir manipuler des chiffres dont on n'est pas absolument sûr. Invariablement on sera confronté avec de très grosses erreurs, dont la répercussion dans la littérature limnologique peut être incalculable.

Afin de fixer les idées, reprenons ici l'exemple donné par J. KUFFERATH (1951). Il s'agit de l'analyse d'une eau de mer.

Données analytiques :

	grammes/kg	équivalents kg	
Cl^-	18,9799	0,5353	Somme des anions = 0,5936 équiv. g/kg
SO_4^{--}	2,6456	0,0551	
CO_3H^-	0,1397	0,0023	
Br^-	0,0646	0,0008	
F^-	0,0013	0,0001	
H_3BO_3	0,0260	—	
Na^+	10,5561	0,4590	Somme des cations = 0,59336 équiv. g/kg
Mg^{++}	1,2720	0,1046	
Ca^{++}	0,4001	0,0200	
K^+	0,3800	0,0097	
Sr^{++}	0,0133	0,0003	
Total	34,4816 %		

Par convention, les valeurs de Br^- seront totalisées avec celles de Cl^- , celles de Sr^{++} avec celles de Ca^{++} , celles de Na^+ avec celles de K^+ .

On obtient alors le tableau suivant :

Cl ⁻ (+ Br ⁻)	0,5361	Equivalents g/kg
SO ₄ ⁼	0,0551	
CO ₃ H ⁻	0,0023	0,5938 valences
Na ⁺ (+ K ⁺)	0,4687	g-ioniques
Ca ⁺⁺ (Sr ⁺⁺)	0,0203	
Mg ⁺⁺	0,1046	0,5936 valences
		g-cationiques

Calculées en % relatifs des anions et des cations, ces concentrations deviennent :

Cl ⁻ (+ Br ⁻)	0,5361 : 0,5935 = 90,33 %
SO ₄ ⁼	0,0551 : 0,5935 = 9,28 %
	100 % anions
CO ₃ H ⁻	0,0023 : 0,5935 = 0,39 %
Na ⁺ (+ K ⁺)	0,4687 : 0,5936 = 78,96 %
Ca ⁺ (+ Sr ⁺⁺)	0,0203 : 0,5936 = 3,42 %
Mg ⁺⁺	0,1046 : 0,5936 = 17,62 %

Les millivalences/litre se calculent ainsi :

Par exemple :

Ca⁺⁺ soit 12,4 mg/litre = $12,4 \times 40,08/2 = 0,62$ millivalences, fraction dans laquelle le numérateur constitue le poids atomique ou moléculaire de l'ion et le dénominateur la valence.

Dans le cas de CO₃⁼, on multiplie le nombre de ml de HCl/N, représentant la réserve alcaline, par 30. On

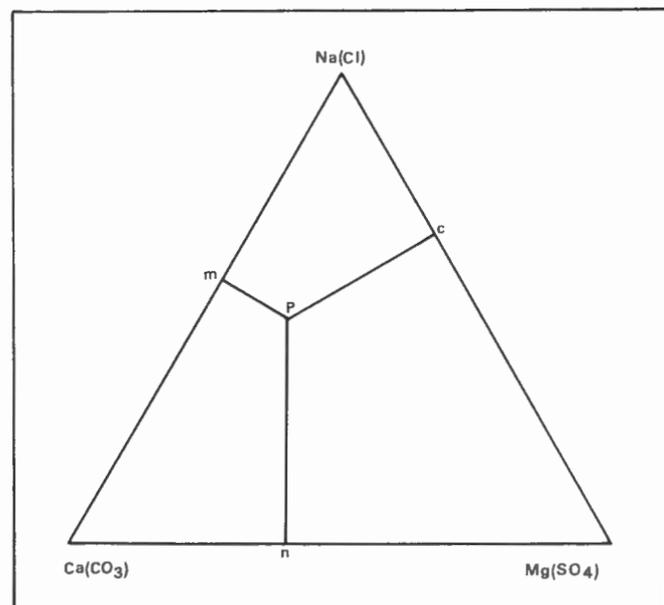


FIG. 25. — Modèle de graphique triangulaire.

obtient ainsi les mg de CO₃⁼. En effet, ce corps étant bivalent, le quotient poids moléculaire/valence ou $60/2 = 30$. C'est-à-dire qu'ici, dans ce cas particulier, le nombre de ml de HCl par litre donne directement les millivalences cherchées.

Dans les chapitres précédents, nous avons subdivisé nos eaux saumâtres en deux grandes catégories : les eaux courantes, y compris les estuaires, et les eaux stagnantes, deux catégories à propriétés géochimiques essentiellement différentes.

1. - Eaux courantes, estuaires.

Ces eaux constituent, par leur essence même, une catégorie séparée. Les deux estuaires que nous connaissons en Basse-Belgique, sont l'IJzer et l'Escaut.

Les diverses eaux courantes.

Examinons successivement le comportement des ions fondamentaux dans les diverses eaux courantes en nous référant aux tableaux comparatifs suivants.

Comme nous l'avons déjà écrit dans notre publication de 1963 au sujet de nos observations à Nieuwpoort de 1950-1951, afin de faciliter les comparaisons entre les diverses eaux, nous les avons subdivisées en quatre groupes. On trouve le matériel numérique complet dans les tableaux 106 et 107.

A. — Les canaux flottables munis d'une écluse à sas. Ici les échanges eaux salées-eau douce se font en fonction des éclusages pour la batellerie.

B. — Les canaux d'évacuation, non flottables, munis uniquement de vannes. A marée basse, les eaux poldériennes s'écoulent et à marée haute de l'eau plus salée peut s'introduire par les vannes et les éclusettes.

C. — Le bassin à flot, en relation avec l'estuaire de l'IJzer, sans vannes ni écluses. Par sa situation à l'écart et en cul-de-sac, l'eau y est soumise à des renouvellements moins réguliers et y jouit d'un calme relatif.

D. — Le bassin devant les écluses recevant les eaux des divers canaux et celle de l'estuaire proprement dit. Ce bassin renferme une eau à composition extrêmement variable d'après les états de la marée et la quantité d'eau provenant des éclusages ou des écoulements des eaux poldériennes.

Les maxima et minima ont été groupés dans le tableau 108.

TABLEAU 106

Tableaux comparatifs des % des ions fondamentaux. Eaux courantes.

Canal de Plasschendaele			IJzer canalisé			Canal Veurne-Ambacht			Canal Dunkerque			Canal Maritime		
CO ₃ %	Cl %	SO ₄ %	CO ₃ %	Cl %	SO ₄ %	CO ₃ %	Cl %	SO ₄ %	CO ₃ %	Cl %	SO ₄ %	CO ₃ %	Cl %	SO ₄ %
2,85	87,95	9,20	1,66	87,71	9,35	1,27	88,58	10,14	1,34	89,30	9,35	—	—	—
4,8	85,78	8,76	1,82	88,62	8,92	1,57	87,65	10,26	0,77	90,18	8,58	2,92	86,96	9,65
8,58	76,29	8,11	32,63	30,76	23,14	26,13	64,08	6,74	4,12	86,99	8,90	27,44	55,36	9,39
10,59	74,49	8,21	31,91	35,51	21,74	30,63	54,72	5,35	24,56	60,61	6,33	27,37	52,25	9,38
11,78	75,18	7,85	24,36	53,85	14,01	28,92	56,74	6,12	21,91	64,75	7,11	30,97	56,58	9,69
7,90	77,59	8,35	33,27	35,79	21,78	25,62	59,96	5,77	11,13	77,49	7,71	28,33	58,16	9,60
8,56	94,63	8,45	34,72	24,75	20,78	25,83	59,62	5,89	7,89	79,44	8,35	28,18	31,32	9,61
3,12	86,97	8,31	6,78	77,36	4,98	5,98	82,23	9,49	3,98	84,61	8,73	30,22	57,79	10,03
—	—	—	21,76	48,31	14,57	16,86	73,10	7,83	5,06	83,31	9,47	24,89	63,52	9,31
5,53	85,19	8,51	1,36	89,41	9,15	3,95	85,14	9,97	3,90	85,14	10,37	12,72	73,47	9,37
4,45	84,13	8,34	3,07	85,74	8,99	3,34	85,96	8,56	2,17	87,80	9,07	8,66	78,43	—
7,54	79,93	8,77	3,68	86,66	9,12	3,05	87,70	8,97	1,61	88,29	9,52	33,61	48,57	8,73
5,29	69,30	8,49	22,35	53,43	17,30	11,75	78,00	8,31	2,36	88,19	9,12	28,26	54,21	—

Alcal. spéc.	Ca %	Mg %	Alcal. spéc.	Ca %	Mg %	Alcal. spéc.	Ca %	Mg %	Alcal. spéc.	Ca %	Mg %	Alcal. spéc.	Ca %	Mg %
0,91	5,82	17,27	0,50	4,74	17,25	0,40	4,5	17,54	0,33	4,23	16,91	—	—	—
1,58	7,33	16,87	0,57	4,75	17,34	0,50	4,51	17,68	0,24	3,51	16,31	0,27	3,87	17,6
3,16	19,51	13,90	3,17	47,10	25,59	1,1	22,46	13,55	1,33	6,34	17,14	0,27	3,86	17,5
4,01	20,53	14,23	2,43	43,28	25,94	1,6	32,47	12,04	11,43	29,38	12,50	0,29	3,9	17,9
4,42	21,14	13,76	1,27	33,02	19,88	1,4	25,20	13,01	9,54	22,94	10,99	0,35	4,3	17,5
2,87	18,75	14,48	2,62	43,41	23,50	1,2	24,53	13,2	4,05	11,12	15,61	0,38	4,3	17,6
3,12	19,85	13,51	3,95	49,80	24,29	1,2	24,67	13,46	2,75	10,50	16,98	0,38	5,4	17,6
1,01	8,11	16,71	2,47	12,85	15,27	2,0	8,17	16,8	1,33	7,94	16,43	0,35	4,3	17,4
—	—	—	1,27	30,87	23,22	6,6	16,33	15,26	1,71	8,40	15,85	0,34	4,2	17,8
1,83	9,33	16,80	0,43	4,45	17,38	1,7	6,37	18,03	1,29	6,83	17,01	0,39	4,3	17,6
1,49	8,28	16,50	1,01	6,91	17,09	1,1	7,39	16,99	0,9	5,77	17,10	0,38	4,2	18,0
2,66	16,45	14,24	1,2	7,54	16,13	1,2	5,85	17,11	0,47	5,76	17,05	—	—	—
1,76	9,04	16,74	11,8	32,16	20,06	4,2	12,07	16,11	0,81	5,78	17,15	0,28	3,9	17,5

TABLEAU 107

Graningate Vliet			Canal de Nieuwendamme			Canal de Blankenberge			Canal Léopold		
CO ₃ %	Cl %	SO ₄ %	CO ₃ %	Cl %	SO ₄ %	CO ₃ %	Cl %	SO ₄ %	CO ₃ %	Cl %	SO ₄ %
1,42	89,4	9,2	1,0	89	9,2	18,9	66,5	14,5	2,92	86,96	9,8
3,54	85,7	9,2	1,3	86	9,2	33	45,9	17,9	27,4	55,36	17,1
27,8	57,8	7,4	22,1	59,9	7,4	23,1	61,7	9,8	27,4	52,2	20,3
33,1	52,8	8,6	23,5	55,8	8,6	9,8	77,1	11,7	30,9	56,6	12,4
30,3	59,9	6,4	23,9	65,5	6,4	20,3	68,3	9,1	28,3	58,2	13,5
29,8	60,9	5,9	23,5	64,3	5,9	25	57,9	10,3	28,2	55,7	16,0
32,4	52,5	7,4	25,6	58,5	7,4	9,1	80,7	9,9	30,2	57,8	11,9
9,1	81,1	8,2	9,48	73,4	8,2	4,7	85,9	9,3	24,9	63,5	11,6
—	—	—	—	—	—	5,1	85,4	9,4	12,7	73,5	8,1
2,8	87,5	9,06	2,62	85,9	9,06	31	55,5	13,4	8,6	78,4	8,7
1,3	89,1	8,9	3,33	85,9	8,9	27	57,3	14,9	33,6	48,6	7,9
1,6	89,2	9,04	2,17	88,3	9,04	—	—	—	16,03	63,4	14,5
1,7	70,2	10,1	15,1	74,3	10,1	—	—	—	—	—	—

Alcal. spéc.	Ca %	Mg %	Alcal. spéc.	Ca %	Mg %	Alcal. spéc.	Ca %	Mg %	Alcal. spéc.	Ca %	Mg %
0,44	37	17,5	0,44	4,5	17,3	8,0	1,84	13,6	0,95	5,35	17,7
1,16	58	18,2	1,11	14,9	16,7	2,0	35,9	18,1	13,9	31,86	15,9
1,36	30	15,7	1,11	2,9	14,7	1,05	25,2	18,1	14,7	39,93	11,5
17,6	33	18,9	18,9	37,5	14,1	3,6	8,45	14,8	15,4	38,03	9,5
14,2	36	12,7	10,3	25,8	11,9	8,4	20,2	13,6	13,7	34,54	11,1
13,7	31	12,7	10,3	25,1	12,6	1,1	26,5	14,1	14,2	37,76	11,4
17,4	37	13,1	12,3	28,9	12,5	3,2	9,2	15,5	14,7	37,33	10,8
3,16	10,0	16,5	3,64	15,8	16,8	1,5	5,97	17,8	11,0	30,38	11,7
—	—	—	—	—	—	1,6	6,8	16,7	4,8	12,89	15,0
0,89	50	17,4	0,85	6,4	17,3	1,6	2,9	13,6	3,1	8,87	15,8
0,42	39	18,7	1,09	7,1	16,9	1,3	2,9	13,7	1,9	45,24	8,2
0,51	41	17,1	0,69	6,1	17,1	—	—	—	1,5	35,34	10,8
6,89	17	14,4	5,7	17,1	14,9	—	—	—	—	—	—

TABLEAU 108

Milliéquivalents									
Canaux flottables									
	CO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	SiO ₂	Ca	Mg	Na	K
1. IX	4,720	145,641	15,240	0	0	9,780	29,029	126,625	2,660
XI	2,376	21,152	2,249	0,524	1,427	5,539	3,947	18,524	0,384
2. VI	3,880	254,787	26,067	0,081	0,134	12,774	49,836	219,637	4,502
XI	3,366	2,990	2,249	0,403	0,713	4,691	2,549	2,566	0,153
3. X	4,600	257,044	30,106	0,806	0,713	13,224	51,854	222,986	4,706
XII	5,841	10,435	1,020	0,702	1,070	5,988	2,220	10,001	0,230
4. X	3,800	441,944	42,074	0,806	1,427	17,215	79,939	383,093	7,929
XII	5,247	12,945	1,353	0,565	1,248	6,188	2,632	11,958	0,281
5. X	3,586	374,143	40,454	0,079	1,099	16,367	74,342	325,086	6,676
III	3,686	272,922	29,606	1,177	0,892	13,024	54,934	239,205	4,834
6. IX	2,760	561,581	56,735	0	0	21,207	110,608	484,845	10,077
XI	4,653	37,820	6,304	0,701	0	6,736	7,648	35,657	0,716
1. Cal Plasschendaële; 2. IJzer canalisé; 3. Cal Veurne-Ambacht; 4. Cal Dunkerque; 5. Cal maritime Zeebrugge; 6. Bassin à flot.									
Canaux non flottables.									
1. VII	5,529	366,303	36,831	1,29	1,115	16,028	72,204	317,52	6,599
XII	6,534	10,435	1,697	0,565	0,499	6,737	3,906	9,740	0,205
2. IX	3,880	246,214	26,538	0	0	12,625	48,355	213,202	4,399
XII	3,64	8,461	1,582	1,185	0,357	5,888	2,22	7,436	0,153
3. VII	5,044	173,599	17,510	1,290	1,204	10,679	34,622	152,107	3,172
V	6,904	9,787	1,020	0	1,783	6,986	2,22	9,349	0,230
4. X	5,916	175,960	19,988	0,052	0,416	10,878	36,019	153,107	3,121
VIII	4,583	6,623	1,083	0,202	1,140	5,888	1,069	5,827	0,230
5. VI	7,338	133,909	14,553	0	0,089	9,531	27,987	119,668	2,430
XII	6,600	9,191	3,581	0,565	0,079	7,186	3,618	8,958	0,217
1. Graningate Vliet; 2. Crique Nieuwendamme; 3. Koolhofvaart; 4. Canal Léopold Heist; 5. Cal Blankenberge.									

En résumé, la situation en 1950-1951 était la suivante :

1. - pH.

Pour toute la période étudiée, les extrêmes des valeurs de pH sont pH = 6,0 - 9,0. Cette amplitude s'applique aux deux genres de canaux, les non flottables montrant une amplitude un peu moins grande : pH = 6,5 à 9,0, tandis qu'au bassin à flot on a enregistré un écart variant de 6,5 à 8,5.

Par les calculs de la fréquence on obtient l'image suivante :

Canaux flottables :	pH	8,0 à 8,5	37,25 %
Canaux non flottables :		8,5 à 9,0	25 %
Bassin à flot :		7,5 à 8,5	61,5 %

Le pH dominant est donc situé dans la zone alcaline à très alcaline. Les extrêmes pour chaque cas en particulier s'établissent comme suit :

Graningate Vliet (non flot.)	pH = 6,8 à 8,72
Canal de Plasschendaële	6,2 à 9,0

Crique de Nieuwendamme (non flot.)	6,8 à 8,95
IJzer canalisé	6,8 à 8,6
Canal Veurne-Ambacht	6,8 à 8,5
Canal de Dunkerque	6,8 à 8,4
Koolhofvaart (non flot.)	6,8 à 8,57
Bassin à flot	6,8 à 8,27

En ce qui concerne les autres canaux :

Canal Léopold à Heist	6,9 à 8,8
Canal de Blankenberge	7,1 à 8,8
Canal maritime à Zeebrugge	6,9 à 8,8

2. - Chlorures.

Le fait d'un seul dosage de chlorures par mois sur chacun des canaux ne nous permet pas de faire des moyennes valables : les chiffres publiés sont donc à considérer comme un ordre de grandeur.

Une première conclusion à dégager des tableaux numériques est la différence relativement peu considérable entre les chlorinités de l'eau des canaux flottables et non flottables.

En outre, exception faite pour quelques cas isolés, les différences individuelles n'ont pas été trop fortes. On remarque bien, dans la majorité des cas, l'influence des eaux d'amont qui maintient une chlorinité relativement basse.

Le bassin à flot constitue un cas particulier en ce sens qu'il est situé en cul-de-sac, communiquant librement avec l'estuaire de l'IJzer, de sorte que l'eau plus ou moins douce sortant du grand estuaire à marée basse est fatalement refoulée en partie à marée montante.

L'absence d'écluses depuis l'occupation provoque ainsi des décalages considérables puisque nous avons observé des chlorinités de 1,341 à 19,912 g Cl par litre.

En ce qui concerne le canal maritime à Zeebrugge, le canal Léopold à Heist et le canal de Blankenberge, on a enregistré les résultats suivants :

	Canal maritime	Canal Léopold	Canal de Blankenberge
Maximum Cl g ‰	4,087	6,239	4,748
Minimum	3,447	0,235	0,326
Moyenne	3,692	1,075	1,667

3. - Alcalinité.

Sans posséder un degré d'alcalinité particulièrement élevé, les canaux et le bassin à flot tiennent une eau d'une alcalinité supérieure à celle de l'eau de mer. On sait qu'au West-Hinder elle est de 2,454. Nous avons mesuré en moyenne :

Canaux flottables	4,530
Canaux non flottables	6,351
Bassin à flot	3,651

Les canaux de Zeebrugge, Heist et Blankenberge se caractérisent par une eau à alcalinité particulièrement élevée. Un maximum absolu a été enregistré au Canal de Blankenberge avec une valeur de 9,283.

	Canal maritime	Canal Léopold	Canal de Blankenberge
Maximum	4,025	8,373	9,283
Minimum	3,447	3,900	6,600

4. - Sulfates.

Les sulfates ont été dosés dans le but de calculer non seulement le rapport SO_4/Cl , mais aussi et surtout le bilan ionique afin de nous permettre d'établir un graphique triangulaire et d'en déduire des classements.

Le rapport SO_4/Cl au West-Hinder a été de 0,1412 (1951 à 1955). Dans les canaux qui nous occupent ici, 57 % des cas montrent un rapport compris entre 0,135 et 0,150, c'est-à-dire très voisin du rapport en eau de mer. Il en est de même pour le bassin où le rapport est compris entre 0,137 et 0,1576.

Dans le grand bassin devant les écluses, il a été compris en 12 heures entre 0,137 et 0,154 au cours de deux marées successives.

A Nieuwpoort on a enregistré des facteurs SO_4/Cl de l'ordre de :

	Maximum	Minimum	Moyenne
Bassin à flot	0,225	0,136	0,157
Canal de Plasschendale	0,149	0,129	0,140
Canal de Veurne-Ambacht	0,158	0,130	0,143
Canal de Dunkerque	0,336	0,134	0,160
Graningate Vliet	0,218	0,132	0,156
Canal de Nieuwendamme	0,253	0,137	0,174
Koolhofvaart	0,189	0,036	0,134
Bassin au Langebrug	0,1576	0,137	0,145
IJzer canalisé	1,137	0,136	0,449
Canal maritime Zeebrugge	0,1536	0,1312	
Canal Léopold Heist	0,5265	0,1493	
Canal de Blankenberge	0,5276	0,1491	

Sans être constant, ce rapport, pour les eaux de Nieuwpoort, reste dans des limites assez étroites, quelle que soit la chlorinité.

On observe que les valeurs un peu anormales se manifestent surtout à des chlorinités basses. Le phénomène se produit principalement dans l'IJzer canalisé, la Crique de Nieuwendamme, Graningate Vliet et Koolhofvaart.

DE BELGIQUE. — APPROCHES, PROGRÈS, PERSPECTIVES

TABLEAU 109

Situation à Langebrug (Nieuwpoort) en 1951

Milliéquivalents								
	Cl	CO ₃	SO ₄	Ca	Mg	Na + K	SiO ₂	
M.B.	215,96	4,231	24,25	11,72	47,25	186,645	1,175	
	204,88	4,166	22,94	10,72	45,20	177,093	1,033	
	201,44	4,296	22,82	10,52	44,20	174,72	0,890	
	216,22	4,188	24,30	11,16	44,18	190,545	1,175	
	236,19	4,247	25,80	12,02	42,13	213,265	1,175	
	260,36	4,051	28,34	12,27	50,0	231,655	1,175	
	262,34	4,035	28,38	12,87	50,0	233,055	1,175	
	279,83	4,019	30,08	13,37	60,01	241,430	0,890	
	277,37	3,970	29,83	13,02	59,50	239,220	0,570	
	295,12	4,051	31,67	13,87	61,55	255,741	0,321	
	282,06	4,019	30,19	13,47	60,52	257,171	0,0	
	313,12	3,855	33,14	14,27	68,02	233,98	0,0	
	342,96	3,724	35,75	15,16	71,74	301,21	0,445	
	M.H.	393,62	3,332	40,83	16,56	80,02	342,377	1,175
379,18		3,365	39,39	17,01	78,14	343,825	0,321	
412,72		3,283	41,99	17,11	84,55	320,591	0,588	
388,55		5,283	38,35	16,51	80,25	361,818	0,142	
400,65		3,316	41,41	16,76	81,38	332,182	0,321	
422,6		3,202	43,47	17,36	85,37	342,961	0,0	
419,43		3,380	42,95	17,26	85,06	366,94	0,0	
396,95		3,855	40,91	16,51	81,55	371,21	0,0	
348,63		3,528	36,27	15,36	72,37	301,288	0,588	
332,35		3,855	34,20	15,01	69,44	285,96	0,0	
286,99		3,806	30,81	13,92	62,06	246,268	0,588	
M.B.	209,56	4,051	23,33	11,27	45,46	180,353	0,142	
%								
M.B.	1,73	88,35	9,92	47,94	19,33	32,73		
	1,79	88,31	9,9	46,21	19,48	34,31		
	1,88	88,13	9,99	46,02	19,34	34,66		
	1,71	88,36	9,93	45,60	18,05	36,35		
	1,59	88,71	9,97	45,14	15,82	39,04		
	1,38	88,94	9,68	41,91	17,08	41,01		
	1,37	89,00	9,63	43,66	16,96	39,38		
	1,28	89,14	9,58	43,99	19,12	37,22		
	1,28	89,14	9,58	41,84	19,12	39,04		
	1,22	89,20	9,58	41,92	18,60	39,48		
	1,27	89,18	9,55	42,59	19,13	38,28		
	1,10	89,43	9,47	36,76	17,52	45,72		
	M.H.	0,97	89,68	9,35	39,64	18,76	41,60	
		0,76	88,91	10,33	37,82	18,27	43,91	
0,79		88,87	10,34	40,31	18,52	41,17		
0,72		90,11	9,17	37,35	18,46	44,19		
0,76		89,88	9,36	37,07	18,02	44,91		
0,74		89,96	9,30	35,71	17,34	46,95		
0,68		91,33	7,99	37,27	18,33	44,40		
0,73		90,05	9,22	39,07	19,25	41,68		
0,87		80,86	9,36	37,37	18,46	44,17		
0,91		89,75	9,34	39,54	18,63	41,83		
1,04		89,73	9,23	40,52	18,75	40,73		
1,18	89,23	9,59	43,28	19,29	37,43			
1,71	88,44	9,85	47,56	19,18	33,26			

L.I.J. VAN MEEL. — LES EAUX SAUMÂTRES

TABLEAU 110
DOEL Escaut 3-4-1951

	CO ₃ %	Cl %	Alcal. spec.	SO ₄ %	SO ₄ /Cl	Ca %	Mg %	SiO ₂ mg/l	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/Mg
M.B.	4,50	84,05	1,51	11,44	0,184	7,91	18,32	66,24	0,0532	0,075	0,711
	4,18	85,27	1,38	10,55	0,167			53,5	0,0506	0,075	0,676
	4,14	85,31	1,37	10,55	0,167			53,5	0,050	0,0715	0,671
	3,63	86,04	1,19	10,33	0,162			48,5	0,0452	0,0731	0,618
	3,40	86,45	1,21	10,15	0,158			53,5	0,0441	0,0733	0,601
	3,13	87,25	1,013	9,62	0,149			53,5	0,0418	0,0723	0,578
	3,08	86,92	0,999	9,99	0,155	6,34	18,22	53,5	0,0413	0,0719	0,573
	2,69	88,30	0,859	9,01	0,138			53,5	0,038	0,071	0,533
	2,56	88,68	0,814	8,76	0,133			48,1	0,037	0,0709	0,518
	2,34	89,63	0,736	8,03	0,121			53,5	0,035	0,0707	0,491
	2,15	90,34	0,671	7,51	0,113			48,1	0,0336	0,0699	0,479
	1,75	91,87	0,537	5,75	0,094			53,5	0,0305	0,0693	0,441
M.H.	1,56	92,68	0,475	6,38	0,084	4,74	18,64	18,1	0,029	0,069	0,419
	1,45	93,07	0,441	5,48	0,079			0,0	0,028	0,069	0,409
	1,54	92,73	0,468	5,73	0,084			15,3	0,029	0,069	0,417
	1,50	92,88	0,457	5,62	0,082			18,1	0,029	0,069	0,415
	1,56	92,75	0,457	5,69	0,083			18,1	0,029	0,069	0,417
	1,56	92,90	0,457	5,54	0,081			0,0	0,028	0,069	0,415
	1,79	91,74	0,552	6,47	0,095	5,01	18,59	53,5	0,031	0,0695	0,444
	1,94	91,00	0,601	7,06	0,105			35,3	0,032	0,070	0,462
	2,08	90,36	0,649	7,56	0,113			35,3	0,033	0,070	0,478
	2,29	89,46	0,723	8,25	0,124			44,9	0,035	0,070	0,501
	2,49	88,59	0,729	8,92	0,136			35,3	0,037	0,071	0,524
	2,49	88,58	0,794	8,93	0,136			35,3	0,037	0,071	0,524
3,15	86,71	1,025	10,14	0,158			44,9	0,042	0,072	0,583	
3,21	86,57	1,046	10,22	0,159			53,5	0,043	0,072	0,598	
M.B.	3,77	85,76	1,241	10,47	0,165	7,26	18,43	66,3	0,048	0,074	0,649
	4,02	85,34	1,328	10,70	0,169			60,9	0,049	0,074	0,671
	4,28	84,84	1,424	10,88	0,172			53,5	0,052	0,075	0,695
	4,06	85,31	1,344	10,63	0,169			53,5	0,050	0,074	0,675
	3,46	86,10	1,133	10,44	0,164			53,5	0,045	0,070	0,651
	3,45	86,09	1,131	10,66	0,164			29,9	0,045	0,069	0,658
	3,14	86,85	1,021	10,01	0,156	6,39	18,26	35,3	0,041	0,072	0,576
	3,10	86,93	1,006	9,97	0,155			18,19	0,041	0,072	0,569
	2,50	88,84	0,795	8,66	0,132			26,7	0,036	0,071	0,514
	2,46	89,07	0,780	8,47	0,129			18,1	0,036	0,071	0,509
	2,25	89,92	0,707	7,83	0,118			53,5	0,034	0,070	0,486
	1,52	92,79	0,463	5,69	0,084			40,1	0,029	0,069	0,416
M.H.	1,50	92,89	0,455	5,61	0,081	4,71	18,63	29,9	0,028	0,069	0,417
	1,47	93,09	0,447	5,44	0,080			35,3	0,028	0,069	0,410
	1,46	93,14	0,443	5,40	0,078			18,1	0,029	0,069	0,410
	1,51	92,93	0,458	5,56	0,081			35,3	0,028	0,069	0,413
	1,56	92,70	0,475	5,74	0,083			35,3	0,029	0,069	0,417
	1,52	92,98	0,460	5,40	0,080			35,3	0,028	0,069	0,412
	1,76	92,00	0,540	6,26	0,092	4,97	18,62	44,9	0,030	0,068	0,440
	1,90	91,29	0,588	6,81	0,101			53,5	0,032	0,069	0,459
	2,05	90,74	0,636	7,21	0,108			48,1	0,033	0,070	0,483
	2,30	90,01	0,721	7,69	0,116			53,5	0,035	0,071	0,491
	2,43	89,34	0,767	8,25	0,125			40,1	0,036	0,071	0,511
	2,70	88,41	0,862	8,89	0,136			44,9	0,038	0,071	0,537
2,93	87,91	0,939	9,16	0,141	6,21	18,45	18,1	0,041	0,071	0,555	
3,52	86,33	1,150	10,15	0,160			21,4	0,045	0,072	0,617	
M.B.	3,74	86,24	1,224	10,02	0,157	7,10	18,47	48,1	0,046	0,073	0,633

5. - Calcium et Magnésium.

C'est surtout du point de vue géochimique que nous avons tenu à doser ces deux éléments.

	Ca mg/l		Mg mg/l	
	Max.	Min.	Max.	Min.
Canal de Plasschendaele	196	109	353	45
IJzer canalisé	256	88	606	29
Canal Veurne-Ambacht	265	118	629	27
Canal de Dunkerque	345	124	1.052	32
Graningate Vliet	321	131	859	45
Crique de Nieuwendamme	253	118	588	33
Koolhofvaart	214	132	421	27
Canal maritime Zeebrugge	328	261	904	664
Canal Léopold	218	106	438	13
Canal de Blankenberge	191	144	316	44

Le grand bassin au Langebrug a retenu plus spécialement notre attention du fait du mélange entre eaux des canaux et eau de mer qui s'y produit. Durant deux marées successives nous y avons effectué des observations.

Nous voulons considérer ce bassin comme le prolongement de l'estuaire de l'IJzer.

Au cours d'une période de deux marées successives on peut constater des variations relativement faibles (Tableau 109).

A la première marée basse $CO_3 = 1,73 \%$
Cl = 88,35 %.

A la marée haute CO_3 passe de 1,10 à 0,97 %
et Cl atteint 89 %.

A la seconde marée basse $CO_3 = 1,71 \%$
et Cl = 88,44 %.

Ces chiffres nous permettent de dresser la balance suivante pour trois états de marée successifs.

Nieuwpoort. Estuaire de l'IJzer, Langeburg, 1956.

Marée basse.

Ca	11,72	Mg	47,25	Cl	217,13	Ca	7,49	Cl	30,49
CO_3	<u>4,23</u>	SO_4	<u>24,25</u>	Na + K	<u>186,64</u>	Mg	<u>23,00</u>	Ca + Mg	<u>30,49</u>
	7,49		23,00		30,49		30,49		0

Marée haute.

Ca	16,560	Mg	80,02	Cl	394,795	Ca	13,228	Cl	52,418
CO_3	<u>3,332</u>	SO_4	<u>40,83</u>	Na + K	<u>342,377</u>	Mg	<u>39,190</u>	Ca + Mg	<u>52,418</u>
	13,228		39,19		52,418		52,418		0

Marée basse.

Ca	11,270	Mg	45,46	Cl	209,702	Ca	7,219	Cl	29,349
CO_3	<u>4,051</u>	SO_4	<u>23,33</u>	Na + K	<u>180,353</u>	Mg	<u>22,130</u>	Ca + Mg	<u>29,349</u>
	7,219		22,13		29,349		29,349		0

Dans le Chapitre VII, nous avons plus longuement examiné l'eau scaldisienne. Nous n'avons repris une partie de ces chiffres ici qu'aux fins de comparaison et de classification.

La balance ionique s'établissait comme suit.

Ca	11,07	Mg	43,50	Cl	216,18	Cl	37,51	Cl	7,43
CO_3	<u>3,64</u>	SO_4	<u>13,42</u>	Na + K	<u>178,67</u>	Mg	<u>30,08</u>	Ca	<u>7,43</u>
	7,43		30,08		37,51		7,43		0

Marée basse.

Ca	7,13	Mg	16,52	Cl	75,77	Cl	9,28	Cl	3,08
CO_3	<u>4,05</u>	SO_4	<u>10,32</u>	Na + K	<u>66,49</u>	Mg	<u>6,20</u>	Ca	<u>3,08</u>
	3,08		6,20		9,28		3,08		0

Nous faisons suivre ici les balances ioniques des canaux de Nieuwpoort, Zeebrugge et Blankenberge et quelques exemples de graphiques triangulaires s'y rapportant.

Ces calculs tendent à montrer en même temps le peu de probabilité d'existence de sulfate de calcium.

Ces balances sont basées sur moyennes (Tableau 21).

TABLEAU 212

Milliéquivalents									
	CO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	SiO ₂	Ca	Mg	Na	K
1.	6,855	43,111	6,063	0,472	0,132	12,794	15,695	70,092	1,413
2.	5,185	30,320	3,374	0,101	0,677	6,744	6,111	27,119	0,548
3.	7,187	128,954	13,437	0,438	0,957	10,616	26,105	112,699	2,364
4.	4,797	72,638	8,209	0,713	0,905	8,608	16,833	72,999	1,559
5.	7,102	45,918	4,589	0,717	1,058	12,549	15,914	70,079	1,456
6.	6,221	86,440	9,596	0,701	0,906	8,476	17,513	76,007	1,573
7.	3,677	73,911	8,484	0,534	0,732	7,200	15,535	64,500	1,381
8.	3,496	55,953	5,693	0,925	1,336	6,948	10,910	48,419	1,013
9.	4,870	133,275	13,795	0,608	0,941	9,485	25,661	116,115	2,475
10.	3,651	324,114	34,094	0,442	0,591	15,140	63,936	280,732	5,830
%									
1.	12,11	76,1	10,7	0,9	0,2	12,8	15,7	70,1	1,4
2.	12,7	74,6	10,8	0,2	1,7	16,6	15,1	66,9	1,4
3.	4,8	85,4	8,9	0,3	0,6	7,0	17,2	74,2	1,6
4.	5,5	83,3	9,4	0,8	1,0	8,6	16,8	73,0	1,6
5.	12,0	77,3	7,7	1,2	1,8	12,5	15,9	70,0	1,5
6.	6,0	83,2	9,2	0,7	0,9	8,2	16,9	73,4	1,5
7.	4,2	84,6	9,7	0,6	0,9	8,1	17,5	72,8	1,6
8.	5,2	84,0	8,6	0,9	1,3	10,3	16,2	72,0	1,5
9.	3,2	86,8	9,0	0,4	0,6	6,2	16,7	75,5	1,6
10.	1,0	89,3	9,4	0,1	0,2	4,1	17,5	76,8	1,6

1. Canal de Blankenberg; 2. Canal Léopold; 3. Gratingate Vliet; 4. Canal de Nieuwendamme; 5. Koolhofvaart; 6. Canal Veurne-Ambacht; 7. IJzer canalisé; 8. Canal de Plasschendaele; 9. Canal de Dunkerque; 10. Bassin à flot.

Canaux flottables

Canal de Plasschendaele

Ca	8,189	SO ₄	8,162	Cl	26,512	Na + K	26,218	Na + K	2,275	Tot. méq.	40,568
CO ₃	5,620	Mg	6,061	Ca	2,569	Cl	23,943	SO ₄	2,101		40,394
	2,569		2,101		23,943		2,275		0,174		0,174

IJzer canalisé

Ca	14,336	Mg	64,975	Cl	331,363	Ca + Mg	41,467			Tot. méq.	374,459
CO ₃	3,632	SO ₄	34,262	Na + K	295,148	Cl	36,215				369,207
	10,704		30,763		36,215		5,252				5,252

Canal Veurne-Ambacht

Ca	16,163	Mg	81,077	Cl	410,817	Ca + Mg	52,153			Tot. méq.	460,027
CO ₃	3,084	SO ₄	42,003	Na + K	362,790	Cl	48,027				455,901
	13,079		39,074		48,027		4,126				4,126

Canal de Dunkerque

Ca	13,772	Mg	63,347	Cl	320,774	Ca + Mg	39,884			Tot. méq.	361,029
CO ₃	3,506	SO ₄	33,729	Na + K	283,914	Cl	36,860				358,009
	10,266		29,618		36,860		3,024				3,020

Zeebrugge-Canal maritime

Ca	15,604	Mg	69,901	Ca + Mg	44,421	Cl	356,576	Tot. méq.	400,504
CO ₃	3,260	SO ₄	37,824	Cl	41,577	Na + K	314,998		397,660
	<u>12,344</u>		<u>32,077</u>		<u>2,844</u>		<u>41,577</u>		<u>2,844</u>

Canaux non flottables

Graningate Vliet

Ca	12,789	Mg	56,077	Cl	283,917	Ca + Mg	34,243	Tot. méq.	320,237
CO ₃	5,160	SO ₄	29,463	Na + K	251,371	Cl	32,546		318,540
	<u>7,629</u>		<u>26,614</u>		<u>32,546</u>		<u>1,697</u>		<u>1,697</u>

Koolhofvaart

CO ₃	13,172	Mg	8,627	Na + K	45,900	CO ₃	7,165	Tot. méq.	62,737
Ca	6,007	SO ₄	5,434	Cl	41,131	Na + K + Mg	4,962		60,534
	<u>7,165</u>		<u>3,193</u>		<u>1,769</u>		<u>2,203</u>		<u>2,203</u>

Crique de Nieuwendamme

Ca	15,180	Mg	62,203	Cl	314,758	Ca + Mg	39,031	Tot. méq.	358,363
CO ₃	5,108	SO ₄	33,244	Na + K	280,980	Cl	33,778		353,110
	<u>10,072</u>		<u>28,959</u>		<u>33,778</u>		<u>5,253</u>		<u>5,253</u>

Canal Léopold

Ca	9,067	Mg	22,977	Cl	118,152	Cl	115,284	Mg	10,339	Tot. méq.	138,328
CO ₃	6,384	SO ₄	12,638	Ca	2,183	Na + K	106,284	Cl	9,685		137,674
	<u>2,183</u>		<u>10,339</u>		<u>115,969</u>		<u>9,685</u>		<u>0,654</u>		<u>0,654</u>

Canal de Blankenberge

Ca	16,642	Mg	83,692	Cl	424,949	Ca	13,672	Cl	55,133	Tot. méq.	471,594
CO ₃	2,970	SO ₄	43,675	Na + K	369,816	Mg	40,017	Ca + Mg	53,689		470,150
	<u>13,672</u>		<u>40,017</u>		<u>55,133</u>		<u>53,689</u>		<u>1,444</u>		<u>1,444</u>

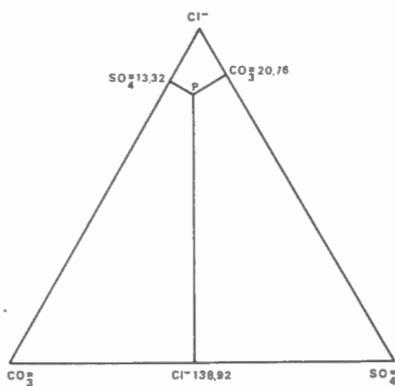


FIG. 26. — Koolhofvaart à Nieuwpoort.

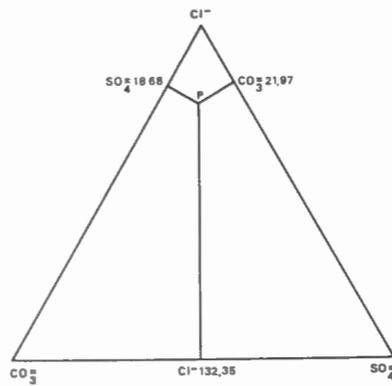


FIG. 27. — Canal Léopold à Heist.

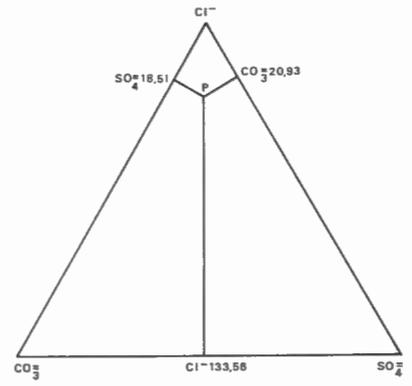


FIG. 28. — Canal de Blankenberge.

2. - Eaux stagnantes.

Avant d'entreprendre l'étude géochimique des eaux stagnantes, il est nécessaire de nous étendre un peu sur quelques questions d'ordre théorique.

Une eau naturelle peut être caractérisée par une représentation graphique simple dans laquelle les cations (Na + K), Ca et Mg et les anions Cl, CO₃ et SO₄ sont figurés. On dispose ainsi de deux séries de composantes et les rapports respectifs entre anions et cations peuvent être indiqués par des points sur un tel diagramme triangulaire.

En effet, dans un triangle équilatéral, une solution déterminée est indiquée par le point P (Figure 25). Le rapport moléculaire de Na, Ca et Mg est tel que les concentrations Na : Ca : Mg = P_n : P_e : P_m car, suivant une propriété bien connue du triangle équilatéral, la somme des perpendiculaires sur les côtés opposés P_n = P_e + P_m = constante. La distance par exemple étant P_c = 48, P_n = 38 et P_m = 14, le rapport de Na : Ca : Mg sera : 38 : 48 : 14.

Considérons le même triangle avec les sommets Cl - CO₃ - SO₄. P représente alors une solution dans laquelle les rapports entre ions de Cl : CO₃ : SO₄ sont comme 38 : 48 : 14.

On peut maintenant présenter la composition d'une eau naturelle par deux points dans le diagramme triangulaire, ou bien exécuter deux dessins respectivement pour les anions et les cations.

Dans les comparaisons entre les diverses eaux saumâtres examinées dans ce mémoire, nous ferons largement usage de cette propriété spéciale du triangle équilatéral.

On sait que les eaux saumâtres sont la résultante de la rencontre et du mélange d'eaux de mer et d'eaux douces continentales. Leur origine leur confère dès lors un caractère extrêmement variable et instable, en évolution constante.

Non seulement l'ion Chlore, mais également tous les autres ions, de même que leurs rapports ioniques, sont influencés par ce double caractère.

Le secteur saumâtre de la Basse-Belgique offre ainsi un milieu dynamique aux conditions physico-chimiques très diverses, variables et instables. En effet, il n'existe presque pas de corrélation d'un étang à l'autre entre les divers constituants, et même pour les diverses stations prospectées au sein d'une même étendue aquatique. Nous aurons d'ailleurs l'occasion d'en étudier plusieurs cas semblables.

Jusqu'à présent la classification des eaux saumâtres était basée sur le seul gradient de salinité. Comme A. KIENER l'écrivait en 1978 : « N'est-il pas normal que chaque classification proposée tienne compte, à titre de départ, de la salinité de la mer voisine dont les eaux sont à la base des divers milieux saumâtres échelonnés vers les eaux douces ? ». Nous avons tenu un raisonnement analogue : de là le chapitre III consacré à la Mer du Nord.

Schématiquement, les principales classifications des eaux saumâtres suivant divers auteurs peuvent être rattachées à un système vertical à étirer ou à réduire suivant les chiffres extrêmes observés et pour lesquels les conditions locales — dont l'hydrologie et le climat — restent les facteurs essentiels.

C'est ainsi que F.D. POR (1972) a établi une représentation d'un tel genre de classification (plus particulièrement pour la région Méditerranée-Sinaï). Cette classification répond de façon satisfaisante à l'ensemble de nos problèmes si elle tient compte à la fois de l'origine des eaux — thalassiques, en relation avec les eaux marines, et a-thalassiques pour les eaux salées d'origine continentale — et de leur gradient de salinité totale, en utilisant pour les mélanges eau de mer-eaux douces, le terme « mixo » qui précise leur origine. Le seuil des eaux saumâtres, en limite supérieure des eaux douces a été fixé d'un commun accord, à Venise, au chiffre de 0,5‰. Sur d'autres plans, la seule notion de salinité totale n'a pas une valeur absolue.

Dans ses travaux de 1951 et 1955 J. HEDGPETH souligna déjà l'importance du type de climat sur la biologie des milieux saumâtres et il ajoute au facteur « salinité », le facteur climat qui domine par deux aspects : l'un l'hydrographique, déterminant les salinités saisonnières ou locales du milieu, et l'autre relatif à la température qui lui permet de faire intervenir les divers types de climats.

A ces classifications basées sur la salinité seule, ou mieux sur la salinité et le climat, certains biotopes pourront être rattachés de façon plus précise encore, à des milieux où des constituants chimiques autres que le NaCl des formations thalassiques, ont des proportions prédominantes. C'est ainsi que pour les eaux intérieures, en plus d'une série à NaCl dominant, nous pouvons nous trouver en présence d'eaux dites carbonatées (avec dominance de bicarbonate de Ca), sulfatées, natronées (carbonate hydraté de sodium), des eaux très acides ou très basiques suivant les rapports ioniques en présence. Nous avons déjà évoqué également l'importance de l'ion Ca dans les eaux peu salées pour la répartition de certaines espèces (avec des rapports Ca/Cl particulièrement élevés) et nous verrons, par la suite, que les salinités totales ainsi que les rapports ioniques élevés (Ca, Mg, K) peuvent être à la base de la localisation de certaines espèces ou de la formation de races physiologiques (au sein de la même espèce euryhaline). Aux facteurs exclusivement écologiques pourront ainsi s'ajouter, mais de façon très nuancée et souvent difficile à circonscrire, des critères faunistiques et floristiques.

Nous disions plus haut que nous avons rattaché nos eaux saumâtres à l'eau de la Mer du Nord, plus spécialement à celle provenant du « West-Hinder ». Les rapports entre ions s'y établissent comme suit :



En partant de là, nous avons tenté d'établir une première classification basée sur le rapport fondamental :



c'est-à-dire donc la prédominance d'un ion sur l'autre (Tableau 213).

A. — Dans des eaux en rapport avec l'Escaut maritime ou avec l'eau de mer, du type thalassique donc, on remarque que la formule



est valable pour tous les cas.

Ici toutefois, font exception : le Canal maritime à Zeebrugge chez lequel CO_3 et SO_4 sont intervertis de même que Mg et Ca. La formule devient ici :



Ce cas se représente également à Nieuwpoort pour l'eau du Canal Koolhofvaart et à Blankenberge pour le canal de ce nom.

Dans l'eau du Canal de Plasschendaële, les rapports se sont avérés normaux.

B. — En ce qui concerne les eaux stagnantes a-thalassiques, les carbonates sont plus élevés que les sulfates et Ca prédomine sur Mg, sauf pour Molenkreek gauche.

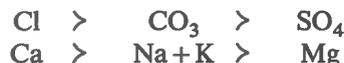
C. — Dans une troisième catégorie Cl, CO_3 et SO_4 sont répartis comme dans le groupe B; mais Na et K

prédominent sur Mg et Ca. Il n'y a que dans les eaux du Molenkreek droite où la prédominance rejoint le groupe A pour anions et cations.

D. — Une quatrième catégorie comprend les eaux pour lesquelles Ca prédomine sur les alcalins et Mg. La formule devient :



Dans notre troisième groupe nous avons placé deux eaux : celles du Kleine Keignaert et de la Grote Geule St-Jacobsgat, milieu, chez lesquelles la formule devient :



c'est-à-dire les deux seuls cas observés jusqu'ici de prédominance du Ca sur les alcalins et le Mg.

Ces deux caractères sont très bien mis en relief par la méthode des graphiques triangulaires. Nous donnons quelques exemples des cas les plus typiques.

Au moyen des millivalences — qu'on trouvera dans les tableaux 213-214 — il nous est possible d'évaluer la composition probable des différentes eaux en nous basant sur les balances ioniques, c'est-à-dire de rechercher de quelle manière les différents anions et cations sont répartis et groupés ensemble.

En partant des balances ioniques et des graphiques triangulaires il n'y a qu'un pas vers une classification. Ces balances ont été établies sur les moyennes telles qu'elles figurent dans le tableau 213.

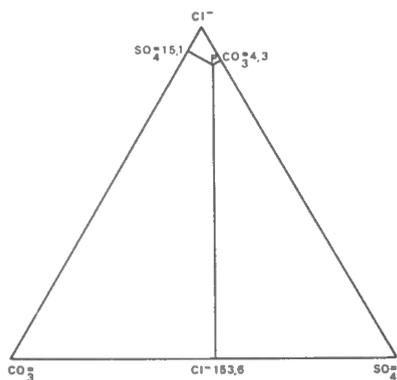


FIG. 29. — Doel Groot Gat.

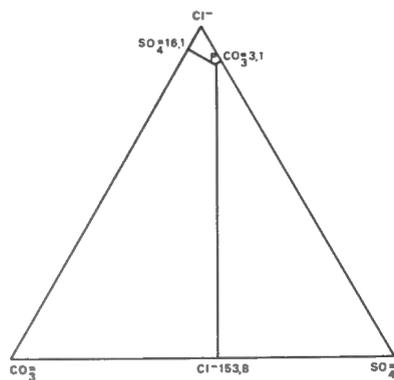


FIG. 30. — Kallo, Melkader.

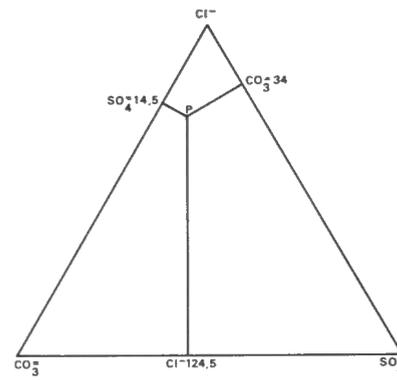
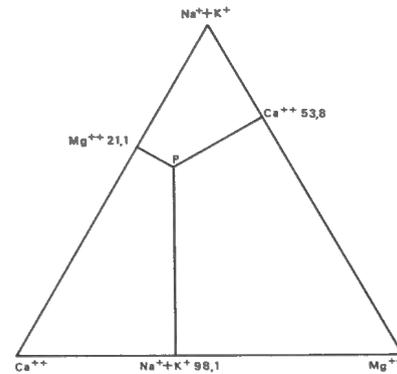
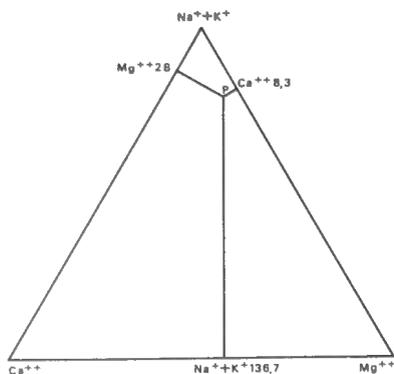
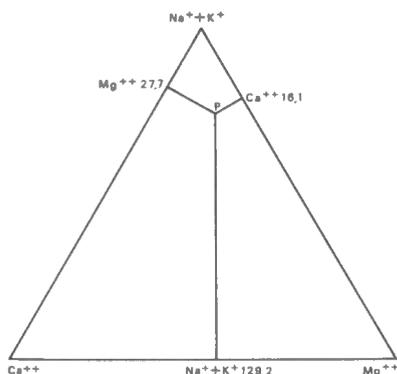


FIG. 31. — Grote Keignaert d.



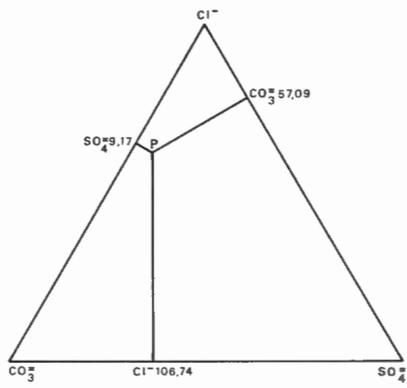


FIG. 32. — Zandvoorde, Kleine Keignaert.

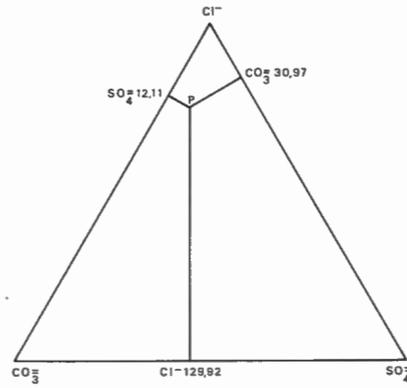


FIG. 33. — Zoute Magdalena à Zandvoorde.

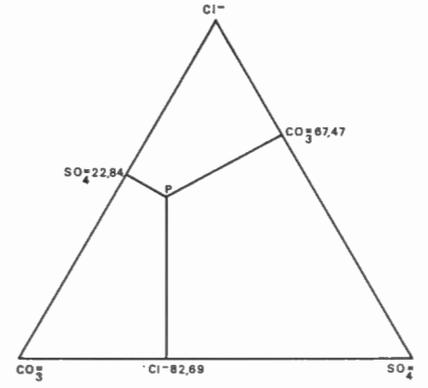


FIG. 34. — St-Jacobsgat Grote Geule (milieu).

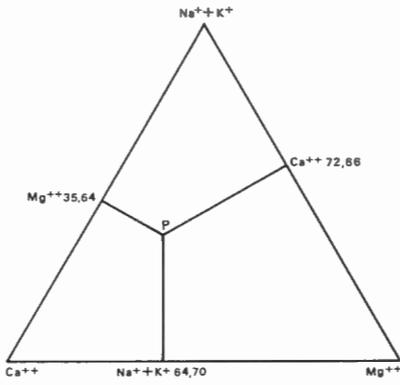


FIG. 35. — St-Jacobsgat Grote Geule (droite).

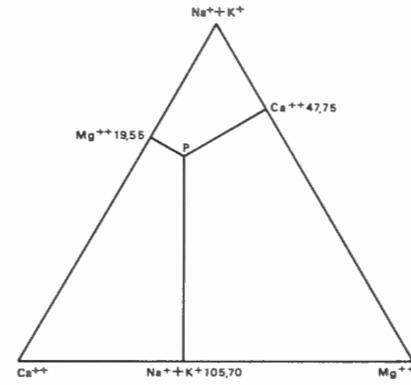


FIG. 36. — Molenkreek (gauche).

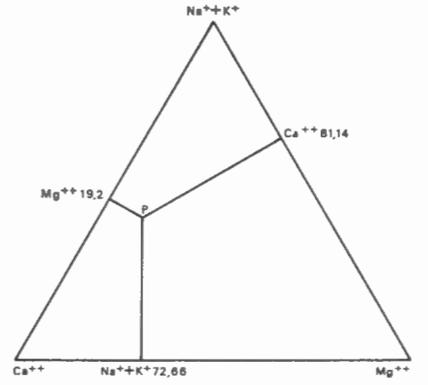


FIG. 37. — Molenkreek (droite).

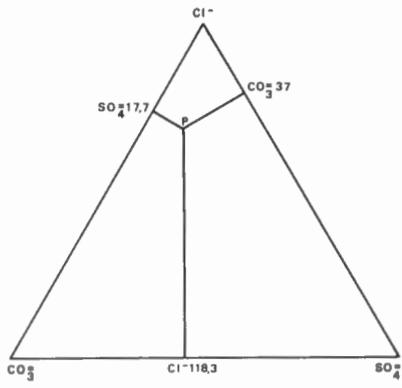


FIG. 38. — Assenede, Grote Kil.

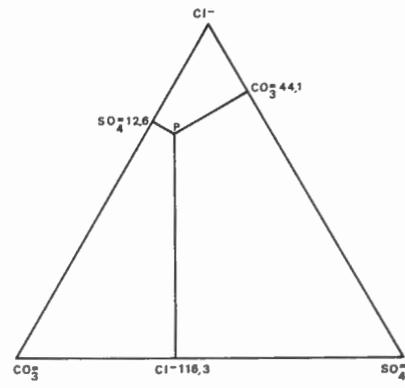
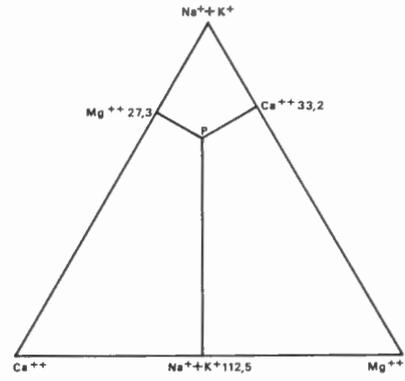
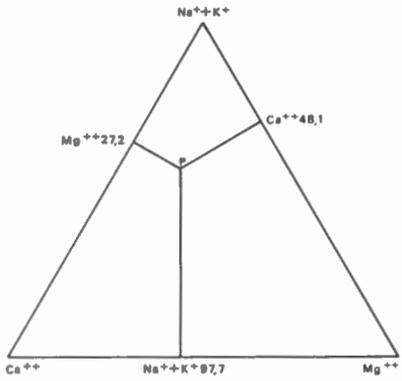


FIG. 39. — Oostpolderkreek.



L.I.J. VAN MEEL. — LES EAUX SAUMÂTRES

TABLEAU 213

Milliéquivalents								
	CO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	SiO ₂	Ca	Mg	Na + K
1	3,776	284,714	30,627	0	0,062	13,987	55,602	253,446
2	5,016	179,364	17,626	0	0,172	18,757	32,115	150,475
3	4,572	215,513	22,444	0,008	0,053	11,677	39,585	193,445
4	5,355	16,702	2,705	0,067	1,193	10,546	3,293	12,132
5	12,816	32,860	3,641	0,046	0,851	9,815	8,095	83,170
6	7,560	18,207	1,959	0,011	0,281	8,343	3,332	16,294
7	4,934	11,099	1,253	0,032	0,266	6,008	2,863	8,988
8	4,984	9,864	1,570	0,006	0,334	7,156	1,719	7,958
9	5,312	6,205	1,799	0,0004	0,311	6,417	1,522	5,734
10	10,200	41,961	3,498	0,036	0,788	7,440	8,679	41,084
11	11,892	28,223	1,534	0,449	0,573	7,400	6,178	29,231
12	11,450	18,297	1,534	0,376	0,515	7,116	5,569	20,700
13	8,776	49,138	4,345	0,111	0,617	7,400	10,357	45,602
14	9,941	32,434	3,065	0,051	1,173	7,400	7,527	32,379
15	7,800	91,273	43,602	0,006	4,719	6,786	19,826	120,788
16	10,400	57,118	3,253	0,089	1,784	7,436	6,005	59,203
17	6,210	17,539	2,409	0,027	0,259	5,320	4,607	16,678
18	6,670	20,859	3,233	0,054	0,700	8,832	4,969	17,947
19	7,695	27,174	3,283	0,033	1,024	12,205	4,788	22,216
20	7,680	25,772	3,590	0,070	1,149	12,218	4,483	21,560
21	7,360	12,625	1,180	0,107	1,015	9,361	4,590	8,336
22	7,740	31,027	3,026	0,031	1,398	11,921	4,886	26,415
%								
1	1,2	89,2	9,5	0,0	0,1	4,3	17,2	78,5
2	2,5	88,6	9,3	0,0	0,2	9,3	16,0	74,4
3	1,8	88,8	9,3	0,0	0,1	4,8	16,2	79
4	20,6	64,2	10,4	0,2	4,6	40,6	12,7	46,7
5	25,5	65,4	7,3	0,1	1,7	19,2	15,8	65
6	27	65	7,0	0	1,0	29,8	11,9	58,3
7	28,1	63,1	7,1	0,2	1,5	36,6	16,0	50,4
8	29,7	58,9	9,4	0,0	2,0	42,5	10,2	47,3
9	39,0	45,5	13,2	0,0	2,3	46,9	11,1	42,0
10	18,0	74,3	6,2	0,1	1,4	13,0	15,2	71,8
11	27,9	66,1	3,6	1,1	1,3	17,3	14,4	68,3
12	35,6	56,8	4,8	1,2	1,6	21,3	16,7	62,0
13	13,9	78,0	6,9	0,2	1,0	11,7	16,9	72,0
14	21,3	69,5	6,6	0,1	2,5	15,6	15,9	68,5
15	5,3	61,9	29,6	0,0	3,2	4,6	13,5	81,9
16	14,3	78,6	4,5	0,1	2,5	10,2	8,3	81,5
17	23,5	66,4	9,1	0,1	0,9	20,0	17,3	62,7
18	21,4	66,0	10,2	0,2	2,2	27,8	15,7	56,5
19	19,6	69,3	8,4	0,1	2,6	31,1	12,2	56,7
20	20,1	67,3	9,4	0,2	3,0	31,9	11,7	56,4
21	33,0	56,6	5,3	0,5	4,6	42,0	20,6	37,4
22	17,9	71,8	7,0	0,1	3,2	27,6	11,3	61,1

1. Liefkenshoek fort ; 2. Doel Groot Gat ; 3. Kallo Melkader ; 4. Kieldrecht Weel ; 5. Oostpolderkreek Gauche ; 6. St-Eligiuspolder Droite ; 7. Overslak Grote Kreek ; 8. St-Jacobs gat Droite ; 9. St-Jacobs gat Milieu ; 10. Hollandersgat ; 11. Vrouwkenshoek Extrémité ; 12. Vrouwkenshoek Début ; 13. Boerekreek Est ; 14. Boerekreek Ouest ; 15. Molenkreek Droite ; 16. Molenkreek Gauche ; 17. Assenede Grote Geule ; 18. Assenede Grote Kil ; 19. Zandvoorde Grote Keignaert Début ; 20. Grote Keignaert Extrémité ; 21. Kleine Keignaert ; 22. Zoute Magdalena.

TABLEAU 214

	Cl	SO ₄	CO ₃	Na + K	Mg	Ca		
A. — Eaux en rapport avec l'Escaut maritime ou avec la mer. Type thalassique.								
Escaut à Doel MH	160,5	9,5	2,5	133	52,5	7,5	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Escaut à Doel MH	148	18,5	7,0	128	32	13	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Doel Groot Gat	153,6	15,1	4,3	129,2	27,7	16,1	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Liefkenshoek fort	154,5	16,1	2,1	135,8	29,8	7,4	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Melkader	153,8	16,1	3,1	136,7	28	8,3	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Nieuwpoort :								
Bassin à flot	155	16,3	1,7	135,6	30,3	7,1	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Graningate Vliet	149,3	15,4	8,3	131,1	29,8	12,1	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Cr. Nieuwendamme	147,2	16,3	9,5	129,1	29,1	14,9	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
IJzer canalisé	149	16,8	7,3	128,7	30,3	14	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Cal Veurne-Ambacht	146,7	16	10,4	128,6	29,3	19,2	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Cal Dunkerque	151,9	15,6	5,5	133,4	28,9	10,7	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Zeebrugge :								
Cal maritime	132,4	18,7	22	118,2	26,1	28,7	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Nieuwpoort :								
Koolhofvaart	138,9	13,2	20,8	123,9	27,5	21,6	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Mg > Ca
Cal Plasschendaale	149,1	14,9	9	127,2	28	17,8	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
Blankenberge :								
Cal de Blankenberge	133,6	18,5	20,9	123,7	27,2	22,1	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Mg > Ca
B. — Eaux a-thalassiques chez lesquelles les carbonates sont plus élevés que les sulfates, le Ca prédominant sur Mg.								
Kieldrecht Weel	119,4	18	35,6	80,8	22	70,1	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
St-Jacobs gat droite	105,4	16,3	51,4	81,8	17,7	73,5	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Overslag Grote Kr.	112,1	12,3	48,6	87,2	27,7	63,1	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
St-Eligiuspolder	114,7	12,1	46,7	100,9	20,6	51,6	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Assenede Grote Kil	118,3	17,7	37	97,8	27,2	48,1	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Assenede Grote Geule	116,6	17,7	40,7	108,5	29,9	34,6	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Oostpolderkreek	116,3	12,6	44,1	112,5	27,3	33,2	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Vrouwenshoek dr.	103,1	8,5	61,6	107,3	28,9	36,9	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Vrouwenshoek extr.	118,5	6,2	48,3	118,2	24,9	29,9	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Hollandersgat	131,1	10,7	31,1	124,2	26,3	22,5	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Mg > Ca
Molenkreek gauche	140,5	7,8	24,7	141	14,4	17,7	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Grote Keignaert dr.	124,6	14,5	33,9	98,1	21,1	53,8	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Grote Keignaert ext.	122	16,3	34,8	97,6	20,2	55,2	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
Zoute Magdelena	129,9	12,1	31	105,7	19,6	47,8	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Ca > Mg
C. — Troisième catégorie comprenant les eaux chez lesquelles Cl, SO ₃ et SO ₄ sont répartis suivant le groupe B, mais où Na + K prédomine sur Mg et Ca.								
Boerekreek W	124,7	11,4	36,9	118,5	27,5	27	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Mg > Ca
Boerekreek E	137,02	11,94	24,05	124,56	28,2	20,4	Cl > CO ₃ > SO ₄	Na + K > Mg > Ca
Molenkreek droite	112,62	51,21	9,17	124,69	23,36	7,69	Cl > SO ₄ > CO ₃	Na + K > Mg > Ca
D. — Une quatrième catégorie comprend les eaux chez lesquelles Ca prédomine sur les alcalins et Mg.								
Kleine Keignaert	106,74	9,17	57,09	60,7	35,64	72,66	Cl > CO ₃ > SO ₄	Ca > Na + K > Mg
St-Jacobs gat Gr Gr/Geule M	82,69	22,84	67,47	72,66	19,20	81,14	Cl > CO ₃ > SO ₄	Ca > Na + K > Mg

L.I.J. VAN MEEL. — LES EAUX SAUMÂTRES

Eaux stagnantes

Doel. Groot Gat

Ca	18,757	Mg	32,115	Cl	179,723	Ca+Mg	13,741	Cl	29,248	Tot. méq.	202,365
CO ₃	5,016	SO ₄	17,626	Na+K	150,475		14,489	Ca+Mg	28,230		201,347
	<u>13,741</u>		<u>14,489</u>		<u>29,248</u>		<u>28,230</u>		<u>1,018</u>		<u>1,018</u>

Liefkenshoek fort

Ca	13,987	Mg	55,602	Cl	284,920	Ca+Mg	10,211	Ca+Mg	35,186	Tot. méq.	323,005
CO ₃	3,776	SO ₄	30,627	Na+K	258,416		24,975	Cl	31,504		319,323
	<u>10,211</u>		<u>24,975</u>		<u>31,504</u>		<u>35,186</u>		<u>3,682</u>		<u>3,682</u>

Kieldrecht Weel

Ca	8,258	SO ₄	3,162	Na+K	11,370	Ca	2,844	Cl	13,320	Tot. méq.	22,292
CO ₃	5,914	Mg	2,664	SO ₄	0,498	Cl	2,448	Na+K	10,872		21,896
	<u>2,844</u>		<u>0,498</u>		<u>10,872</u>		<u>0,396</u>		<u>2,448</u>		<u>0,396</u>

St-Jacobsgat Grote Geule (droite)

Ca	6,417	SO ₄	1,779	Cl	6,205	Na+K	5,696	Na+K	0,596	Tot. méq.	13,634
CO ₃	5,311	Mg	1,521	Ca	1,105	Cl	5,100	SO ₄	0,278		13,316
	<u>1,105</u>		<u>0,278</u>		<u>5,100</u>		<u>0,596</u>		<u>0,218</u>		<u>0,218</u>

Moerbeke Grote Kreek

Ca	6,008	Mg	2,862	Cl	11,098	Ca+Mg	1,074	Ca+Mg	2,683	Tot. méq.	17,853
CO ₃	4,934	SO ₄	1,253	Na+K	8,983		1,609	Cl	2,115		17,285
	<u>1,074</u>		<u>1,609</u>		<u>2,115</u>		<u>2,683</u>		<u>0,568</u>		<u>0,568</u>

Hollandersgat

CO ₃	10,200	Mg	8,676	Cl	41,947	Mg	5,178			Tot. méq.	57,059
Ca ₃	7,440	SO ₄	3,498	Na+K	40,943	Cl+CO ₃	3,764				55,645
	<u>2,760</u>		<u>5,178</u>		<u>1,004</u>		<u>1,414</u>				<u>1,414</u>

St-Eligiuspolder

Ca	8,343	Mg	3,330	Cl	18,205	Cl	18,205	Cl	1,934	Mg	1,373	Tot. méq.	27,944
CO ₃	7,560	SO ₄	1,957	Na+K	16,271	Na+K	16,271	Mg	0,783	Cl	1,151		27,722
	<u>0,783</u>		<u>1,373</u>		<u>1,934</u>		<u>1,934</u>		<u>1,151</u>		<u>0,222</u>		<u>0,222</u>

Vrouwkenshoek (droite)

CO ₃	11,480	Mg	5,567	Na+K	20,694	CO ₃	4,364	Na+K	2,399	Tot. méq.	33,337
Ca	7,116	SO ₄	1,534	Cl	18,295	Mg	4,033	CO ₃	0,331		31,309
	<u>4,364</u>		<u>4,033</u>		<u>2,399</u>		<u>0,331</u>		<u>2,068</u>		<u>2,028</u>

Vrouwkenshoek (extrémité)

CO ₃	11,892	Mg	6,176	Na+K	29,222	Mg	4,642	Na+K	1,000	Tot. méq.	42,798
Ca	7,400	SO ₄	1,534	Cl	28,222	CO ₃	4,492	Mg	0,150		41,648
	<u>4,492</u>		<u>4,642</u>		<u>1,000</u>		<u>0,150</u>		<u>1,150</u>		<u>1,150</u>

Oostpolderkreek

CO ₃	12,816	Mg	8,092	Na+K	33,159	Mg	4,451	Mg+Na+K	4,753	Tot. méq.	51,066
Ca	9,815	SO ₄	3,641	Cl	32,857	Na+K	0,302	CO ₃	3,001		49,314
	<u>3,001</u>		<u>4,451</u>		<u>0,302</u>		<u>4,753</u>		<u>1,752</u>		<u>1,752</u>

Molenkreek (gauche)

CO ₃	10,400	Mg	6,005	Na+K	59,203	CO ₃	2,964	Na+K	0,212	Tot. méq.	72,644
Ca	7,436	SO ₄	3,253	Cl	58,991	Mg	2,752	CO ₃	0,212		72,644
	<u>2,964</u>		<u>2,752</u>		<u>0,212</u>		<u>0,212</u>		<u>0,0</u>		<u>0,0</u>

DE BELGIQUE. — APPROCHES, PROGRÈS, PERSPECTIVES

Molenkreek (droite)

CO ₃	7,800	SO ₄	43,602	Na+K	120,788	Na+K	23,790	Na+K	0,014	Tot. méq.	147,400
Ca ₃	6,786	Mg	19,826	Cl	95,998	SO ₄	23,776	CO ₃	0,014		147,400
	0,014		23,776		23,790		0,014		0,0		0,0

Assenede Grote Kil

Ca	8,832	Mg	4,967	Cl	20,857	Mg	1,734	Ca+Mg	3,796	Tot. méq.	31,741
CO ₃	6,770	SO ₄	3,233	Na+K	17,942	Ca	2,062	Cl	2,915		30,860
	2,062		1,734		2,915		3,796		0,881		0,881

Assenede Grote Geule

CO ₃	5,320	Mg	3,980	Cl	10,995	Mg	2,760	Mg	1,811	Tot. méq.	18,018
Ca	3,992	SO ₄	1,220	Na+K	10,046	Cl	0,949	CO ₃	1,328		17,535
	1,328		2,760		0,949		1,811		0,483		0,483

Assenede Rode Geule

CO ₃	6,210	Mg	4,605	Cl	17,537	CO ₃	0,896	Mg	2,196	Tot. méq.	26,589
Ca	5,314	SO ₄	2,409	Na+K	16,670	Cl	0,867	CO ₃ +Cl	1,763		26,156
	0,896		2,196		0,867		1,763		0,433		0,433

Boerekreek W

CO ₃	9,941	Mg	7,525	Cl	33,659	CO ₃	2,541	Mg	4,456	Tot. méq.	47,295
Ca	7,400	SO ₄	3,069	Na+K	32,370	Cl	1,289	CO ₃ +Cl	3,830		46,669
	2,541		4,456		1,289		3,830		0,626		0,626

Boerekreek E

CO ₃	8,776	Mg	10,353	Cl	49,752	Mg	6,008	Mg	1,845	Tot. méq.	63,342
Ca	7,400	SO ₄	4,345	Na+K	45,589	Cl	4,163	CO ₃	1,376		68,873
	1,376		6,008		4,163		1,845		0,469		0,469

Grote Keignaert Déb.

Ca	11,205	Mg	4,788	Cl	28,231	Ca	4,510	Ca+Mg	6,015	Tot. méq.	39,209
CO ₃	7,695	SO ₄	3,283	Na+K	22,216	+Mg	1,505	Cl	6,015		39,209
	4,510		1,505		6,015		6,015		0,0		0,0

Grote Keignaert Extr.

Ca	12,218	Mg	4,483	Cl	26,991	Ca	4,538	Cl	5,431	Tot. méq.	38,261
CO ₃	7,680	SO ₄	3,590	Na+K	21,560	+Mg	0,893	Ca+Mg	5,431		38,261
	4,538		0,893		5,431		5,431		0,0		0,0

Kleine Keignaert

Ca	9,36	SO ₄	11,80	Na+K	17,80	Cl	12,625	Cl	2,025	Tot. méq.	31,785
CO ₃	7,37	Mg	4,60	SO ₄	7,20	Na+K	10,60	Ca	2,00		31,760
	2,00		7,20		10,60		2,025		0,025		0,025

Zoute Magdalena

Ca	12,14	SO ₄	23,60	Na+K	39,70	Cl	24,75	Cl	4,21	Tot. méq.	56,450
CO ₃	8,10	Mg	4,44	SO ₄	19,16	Na+K	20,54	Ca	4,04		56,280
	4,04		19,16		20,54		4,21		0,17		0,170

Ca	11,69	SO ₄	36,90	Na+K	64,40	Cl	37,28	Cl	4,45	Tot. méq.	81,560
CO ₃	7,38	Mg	5,33	SO ₄	31,57	Na+K	32,83	Ca	4,31		81,400
	4,31		31,57		32,83		4,45		0,14		0,160

Melkader

Ca	11,677	Mg	39,585	Mg	17,141	Cl	215,513	Cl	208,408	Tot. méq.	244,607
CO ₃	4,572	SO ₄	22,444	Cl	15,063	Ca	7,105	Na+K	193,345		242,529
	7,105		17,141		2,078		208,408		15,063		2,078

Des calculs précédents en ce qui concerne la composition probable, nous tirons le tableau 215, pour les eaux courantes et stagnantes.

Leur analyse permet les remarques suivantes :

Les sections saumâtres de tous les canaux indistinctement ont tenu une eau à composition analogue : CaCO_3 , NaCl (KCl), MgSO_4 , c'est-à-dire les constituants ma-

jeurs de l'eau de mer, sauf le Canal de Plasschendaale où MgCl_2 était remplacé par Na_2SO_4 (K_2SO_4) et le Canal Koolhofvaart à eau plus carbonatée : CaCl_2 et MgCl_2 remplacés par Na_2CO_3 (K_2CO_3) et MgCO_3 .

En ce qui concerne les eaux stagnantes, la situation s'est montrée beaucoup plus complexe.

TABLEAU 215
Composition probable

	CaCO_3	MgSO_4	NaCl-KCl	CaCl_2	MgCl_2	Na_2SO_4 (K_2SO_4)	Na_2CO_3 (K_2CO_3)	MgCO_3
Canaux flottables :								
Canal Plasschendaale	x	x	x	x		x		
Lizer canalisé	x	x	x	x	x			
Canal Veurne-Ambacht	x	x	x	x	x			
Canal Doukerque	x	x	x	x	x			
Zeebrugge Cal marit.	x	x	x	x	x			
Escaut maritime	x	x	x	x	x			
Canaux non flottables :								
Gramingate Vliet	x	x	x	x	x			
Crique Nieuwendamme	x	x	x	x	x			
Koolhofvaart	x	x	x				x	x
Canal Léopold	x	x	x	x	x			
Canal Blankenberge	x	x	x	x	x			
Eaux stagnantes :								
Doel Groot Gat	x	x	x	x	x			
Liefkenshoek fort	x	x	x	x	x			
Kieldrecht Weel	x	x	x	x		x		
St-Jacobsгат droite	x	x	x	x		x		
Overslag Grote Kreek	x	x	x	x	x			
St-Eligiuspolder	x	x	x	x	x			
Assenede Grote Kil	x	x	x	x	x			
Assenede Rode Geule	x	x	x		x			x
Assenede Grote Geule	x	x	x		x			x
Oostpolderkreek	x	x	x				x	x
Vrouwkenshoek dr.	x	x	x				x	x
Vrouwkenshoek extr.	x	x	x					x
Hollandersgat	x	x	x		x			x
Molenkreek dr.	x	x	x		x		x	
Molenkreek g.	x	x	x				x	x
Grote Keignaert	x	x	x	x	x			
Kleine Keignaert extr.	x	x	x	x	x			
Zoute Magdalena	x	x	x	x		x		
Kleine Keignaert	x	x	x	x		x		
Boerekreek W	x	x	x		x			x
Boerekreek E	x	x	x		x			x

D'où nous tirons le projet de classement suivant.

1. - CaCO_3 , NaCl (KCl), MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 :

Doel Groot Gat, Liefkenshoek fort, Overslag Grote Kreek, St-Eligiuspolder, Assenede Grote Kil, Grote Keignaert.

2. - CaCO_3 , NaCl (KCl), MgSO_4 , MgCl_2 , MgCO_3 :

Hollandersgat, Assenede Grote Geule, Boerekreek W et E.

3. - CaCO_3 , NaCl (KCl), MgSO_4 , MgCO_3 :

Vrouwkenshoek extrémité.

4. - CaCO_3 , NaCl (KCl), MgSO_4 , Na_2CO_3 (K_2CO_3), MgCO_3 :
Oostpolderkreek, Vrouwkenshoek début, Molenkreek gauche.
5. - CaCO_3 , NaCl (KCl), MgSO_4 , Na_2CO_3 (K_2CO_3), Na_2SO_4 (K_2SO_4) :
Molenkreek droite.
6. - CaCO_3 , NaCl (KCl), MgSO_4 , CaCl_2 , Na_2SO_4 (K_2SO_4) :
Kieldrecht Weel, St-Jacobs gat droite, Zoute Magdalena, Kleine Keignaert.

On observera immédiatement qu'à mesure que d'autres carbonates s'ajoutent à la composition, l'alcalinité montre une tendance très nette à croître pour devenir maximale dans le cas d'eaux à CaCO_3 , Na_2CO_3 et MgCO_3 .

Dès que Na_2SO_4 se substitue à Na_2CO_3 et MgCO_3 , l'alcalinité revient plus ou moins à celle des eaux à CaCO_3 seulement.

C'est d'ailleurs dans le cas des eaux à plusieurs carbonates que le taux des acides humiques dissous (eaux brunes) est le plus élevé.

	Gradient alcalinité	Acides humiques mg/l
Eaux à CaCO_3 seulement		
Doel Groot Gat	4,777-9,514	
Liefkenshoek fort	3,713-4,699	
Melkader	4,572	
Overslag Grote Kreek	4,934-5,32	3,0
St-Eligiuspolder	5,88-7,56	3,3
Assenede Grote Kil	5,75-7,28	2,0
Grote Keignaert droite	7,56-7,80	
Eaux à CaCO_3 , MgCO_3		
Vrouwkenshoekkreek extrémité	10,94-13,07	27,7
Hollandersgat	8,876-13,245	5,5
Assenede Rode Geule	5,32-6,38	
Assenede Grote Geule	6,21-7,06	1,07
Boerekreek W	7,68-9,94	8,7
Boerekreek E	6,01-8,77	7,0
Eaux à CaCO_3 , Na_2CO_3 , MgCO_3		
Oostpolderkreek	9,506-15,37	11,1
Vrouwkenshoek droite	10,937-13,4	24,2
Molenkreek gauche	10,4	
Eaux à CaCO_3 , Na_2CO_3 , Na_2SO_4		
Molenkreek droite	7,8	
Eaux à CaCO_3 , Na_2SO_4		
Kieldrecht Weel	4,75-5,96	
St-Jacobs gat droite	5,312	
Zoute Magdalena	7,38-5,10	
Kleine Keignaert	7,26	

La mise en parallèle de ces compositions probables avec l'alcalinité et, le cas échéant avec la concentration en mg/l des acides humiques, permet une telle tentative de classification.

Nous maintenant toujours au point de vue de l'influence continentale sur la composition de nos eaux saumâtres en Belgique, nous avons cherché à établir un autre genre de classification basé sur les chlorinités et alcalinités, ces dernières dépendant en grande partie de l'influence continentale. Pour cette raison nous avons fait appel à l'alcalinité spécifique et avons adopté comme indice la différence entre maximum et minimum dans chaque cas.

On obtient ainsi l'image suivante :

Eaux courantes	
IJzer canalisé	28,9
Doel, Escaut	19,9
Canal de Blankenberge	18,7
Canal Léopold	18,5
Koolhofvart	15,3
Gratingate Vliet	14,2
Crique de Nieuwendamme	10,2
Canal de Veurne-Ambacht	8,9
Canal de Dunkerque	5,3
Nieuwpoort, Bassin à flot	1,3
Oostende, port	0,05

Eaux stagnantes	
Meerdonk, Grote Geule	47,6
Kleine Keignaert	16,4
Vrouwkenshoek	15,8
Kieldrecht Weel	14,4
Assenede, Rode Geule	13,7
Doel, Groot Gat	13,05
Assenede Grote Geule	8,8
Grote Keignaert	5,3
Zoute Magdalena	4,7
Boerekreek	4,03
St-Elooiskreek	3,6
Molenkreek	2,7
Grote Kil	2,4
Overslag, Grote Kreek	2,12
Hollandersgat	1,9
Lillo, fort	1,3
Oospolderkreek	1,2
Galgenweelen	1,06
Liefkenshoek, fort	0,9
Bassin de chasse, Oostende	0,12
Bassin du commerce, Oostende	0,11

L'adoption pour les eaux saumâtres stagnantes de la Basse-Belgique de la classification classique d'après l'unique chlorinité en mg‰, aurait donné en ordre décroissant des chlorinités maxima :

Vrouwkenshoek	12,185-0,608
Liefkenshoek fort	10,09 -2,93

Zoute Magdalena	8,877-1,322
Doel Groot Gat	6,36 -0,56
Molenkreek	3,236-2,025
Oostpolderskreek	2,740-1,165
Galgenweelen	2,134-0,390
Boerenkreek	1,659-0,868
Hollandersgat	1,487-0,956
Grote Keignaert	1,106-0,760
Kieldrecht Weel	0,883-0,301
Grote Kil	0,765-0,101
St-Jacobs gat	0,762-0,092
St-Eloois polder	0,661-0,409
Grote Geule	0,621-0,376
Rode Geule	0,452-0,239
Kleine Keignaert	0,447
Overslag Grote Kreek	0,393-0,363

Classification certainement valable, mais qui n'aurait pas montré le caractère véritable des eaux saumâtres étudiées ici et qui sont, en réalité, beaucoup plus complexes.

Nous estimons que pour des eaux semblables, un point de comparaison plus net devrait être établi, groupant en même temps la chlorinité et l'influence continentale, c'est-à-dire en l'occurrence l'alcalinité.

Nous avons fait cet essai.

Quant à la question de savoir d'où proviennent Na_2CO_3 , MgCO_3 et Na_2SO_4 , dans certaines de ces eaux, il est difficile de répondre actuellement. Il n'est évidemment pas impossible, du moins pour les sulfates, qu'il y ait eu une influence par l'utilisation d'engrais sulfatés pour les champs avoisinants.

Il nous semble toutefois plus vraisemblable, du point de vue géochimique, que, par double décomposition, l'équilibre suivant se soit établi dans des circonstances difficiles à déterminer avec exactitude :



les deux premières substances NaCl et MgSO_4 étant naturellement présentes en eau de mer et de là directement ou indirectement dans nos eaux saumâtres.

D'après J. DELECOURT (1946), à tout instant cet équilibre étant atteint, il se forme autant de Na_2SO_4 , d'après la réaction :



qu'il s'en détruit par la réaction inverse :



Ces quatre sels se maintiennent en équilibre chimique suivant des rapports pondéraux qui nous échappent encore. En tenant compte toutefois de la température de l'eau durant l'hiver à 0 °C, le froid peut provoquer la

précipitation de certains sels moins solubles à 0° qu'à 18-20 °C.

L'origine de Na_2CO_3 peut être imputée à la réaction :



d'où, dans certaines circonstances :



et de la formation de sulfate de sodium :



Dans ces réactions on doit tenir compte de l'acide carbonique biologique.

On pourrait écrire également :



Ces réactions expliqueraient l'origine du carbonate de sodium et du carbonate de magnésium dans nos eaux saumâtres.

Les concentrations souvent variables de la chlorinité pourraient provenir également d'une influence des courants d'eaux profondes, tels les courants renseignés sur la carte de J. DELECOURT : sursalure du Grand courant, salure des nappes Lédienne et Panisélienne, touchant de près les régions à eaux saumâtres qui nous occupent.

Ce qui précède ne constitue évidemment que des hypothèses qu'il s'agira de prouver par ceux qui viendront après nous.

Dans ce chapitre nous avons tenté de souligner les caractères principaux des eaux saumâtres de Basse-Belgique en mettant l'accent sur d'autres formes possibles de classification que la seule chlorinité ; celle-ci restant essentiellement applicable aux estuaires dans le sens le plus général, mais ne donnant pas une image réelle de la situation dans le cas d'eaux plus ou moins stagnantes, saumâtres.

De là notre tentative de trouver, à partir d'analyses complètes, un autre mode de classification.

En nous basant sur le nombre différent de carbonates, celui des sulfates, nous avons proposé un projet de classification. Ensuite nous l'avons mise en parallèle avec un indice constitué par la somme Alc + Chlorinité.

Nous avons essayé en même temps, de montrer que si on veut bien considérer le laboratoire de chimie analytique comme étant l'outil principal des progrès réalisés dans les sciences fondamentales, il faut avant tout que ceux qui le manient soient à même d'en tirer le meilleur parti. Le laboratoire le mieux monté ne sera réellement productif que si ceux qui doivent en utiliser les données se sentent sûrs de pouvoir réaliser par une pratique exercée et scrupuleuse l'application utile des connaissances générales de la chimie théorique et analytique.