

ETUDES HYDROBIOLOGIQUES SUR LES EAUX
SAUMATRES DE BELGIQUE

XI. Etude d'un bassin maritime dans le port d'Ostende

Période 1966-1968

A. — Etude du milieu

PAR

L. VAN MEEL (Bruxelles)

(Avec 5 dépliants)

Le Bassin du Commerce à Ostende 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. A cause de l'évolution favorable et particulièrement intéressante des recherches, nous avons toutefois prolongé celles-ci d'une année supplémentaire.

Nous avons prélevé chaque semaine, aux mêmes endroits, des échantillons de phytoplancton qualitatif et quantitatif ainsi que des échantillons d'eau suffisamment copieux pour permettre le plus d'analyses chimiques possible. On a déterminé 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 nationale ou étran-

gères), mais surtout par les eaux d'égout de la ville d'Ostende, 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 très importants.

Cette importance peut se traduire, en partie, par les teneurs de l'eau en hydrates de carbone et en protéines. On les a dosés à cet effet.

L'influence anthropobiotique indiquée par l'utilisation des produits tensioactifs a également retenu notre attention. Nous avons, mais un peu plus tard, recherché et dosé les substances tensioactives anioniques et cationiques.

En ce qui concerne les huiles émulsionnées, il n'a pas été possible de les doser régulièrement. Pour des raisons d'ordre pratique, nous n'avons pu déterminer que quelques ordres de grandeur.

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

Nous notons ci-après, brièvement, les diverses méthodes appliquées aux échantillons d'origine, parallèlement à des solutions de référence afin d'éliminer les erreurs de technique éventuelles.

Méthodes utilisées

Pour la réalisation de cette étude, il a été fait usage des méthodes classiques en ce qui concerne le dosage de la salinité (KNUDSEN), de l'oxygène dissous (WINKLER), de la mesure du pH et du potentiel d'oxydo-réduction (pH-mètre BECKMAN), de la détermination de l'oxydabilité en milieu alcalin (LEVY). En ce qui concerne les autres méthodes :

1. — Alcalinite, par potentiométrie;
2. — Ammoniaque, distillation sur oxyde de magnesium et titration par acidimétrie de l'ammoniaque dans le distillat;
3. — Nitrites, méthode d'après GRIESS-ILOSVAY par l'acide sulfanilique et l' α -naphtylamine en milieu acétique;
4. — Nitrates, méthode à la brucine acétique suivant NOLL. (Au moment de la mise en route de ce travail, nous ne disposions pas encore de tous les produits et ustensiles nécessaires à l'application de la méthode de réduction sur colonne de cadmium. Nous avons continué d'utiliser, pour ce travail, l'ancienne méthode afin de garder des résultats comparables);
5. — Phosphates, méthode colorimétrique d'après ATKINS et DENIGES avec réduction du phosphomolybdate au moyen de chlorure stanneux;
6. — Silice, méthode colorimétrique au molybdate d'ammonium d'après WINKLER;

7. — Bore, méthode de WILCOX (1932) modifiée par HARDING et MOBERG (1934), titration en présence de mannitol;

8. — Hydrates de carbone, dosage colorimétrique par l'anthrone en milieu acide; les résultats sont exprimés en saccharose;

9. — Acides aminés, nous avons dû nous limiter au dosage du tryptophane; colorimétrie au moyen du diméthyl-p-aminobenzaldéhyde;

10. — Tensioactifs anioniques, détermination colorimétrique au moyen de bleu de méthylène et extraction au chloroforme. Méthode d'après le « Report of the Committee on synthetic detergents », London, 1956.

11. — Tensioactifs cationiques, méthode colorimétrique au moyen de bleu bromophénol d'après le « Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-Abwasser- und Schlamm-Untersuchung, 3^e éd., 1960;

12. — Huiles minérales, coagulation des huiles au moyen de sulfate de magnésium (en milieu alcalin, l'hydrate précipite et entraîne les gouttelettes d'huile en émulsion); filtration et extraction des huiles du précipité au moyen d'éther de pétrole, colorimétrie en lumière de WOOD;

13. — Chlorophylles, les chlorophylles a, b et c, ont été déterminées après extraction d'après la méthode et les calculs de J. D. H. STRICKLAND et T. R. PARSONS de 1960 et 1965.

Je tiens à remercier spécialement ici mes collaborateurs MM. G. DUSART et G. VAN DER VEKEN, Ingénieurs techniques en chimie à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, pour les mises au point de méthodes et les analyses de routine, M. J. DENAYER, préparateur-technicien de première classe pour son aide en ce qui concerne l'examen microscopique des récoltes, les dessins d'organismes, les calculs, la préparation et l'exécution des graphiques. Mes plus vifs remerciements au Dr E. LELOUP, Directeur du Zeewetenschappelijk Instituut à Ostende, pour la très large hospitalité qu'il m'a réservée.

Les résultats de nos recherches feront l'objet de deux fascicules consacrés, le premier, à l'étude du milieu, le second, à l'étude du phytoplancton.

Comme pour nos publications antérieures, nous examinerons d'abord chaque facteur écologique séparément, ensuite, chacun d'eux sera comparé à d'autres pour aboutir à des considérations sur les interactions. Dans ce but, nous avons transformé par le calcul, l'ammoniaque, les nitrites et les nitrates en azote minéral total, les phosphates en phosphore minéral, afin de pouvoir calculer le rapport N/P.

Afin de ne pas alourdir le texte, les tableaux numériques, in extenso, sont donnés en annexe.

Nous avons effectué des recherches approfondies sur l'eau de ce bassin à cause de son extraordinaire richesse en phytoplancton : en deux années nous avons réussi à dénombrer quelque 215 espèces et variétés dont certaines sont nouvelles ou n'ont pas encore été signalées dans notre pays.

Qu'il nous soit permis d'exprimer ici nos regrets au sujet de beaucoup d'imperfections dans nos recherches. Comme nous le faisons remarquer à l'occasion des considérations au sujet de la saturation de l'oxygène, beaucoup sinon la plupart des dosages auraient gagné à être soit enregistrés régulièrement, au moins à être effectués à intervalles horaires ou bi-horaires, dans une petite station restreinte établie sur le lieu de l'étude pour la durée des recherches. Celle-là soumise à une surveillance étroite et sévère pour des raisons qu'il est superflu d'énumérer ici. Nous espérons néanmoins que nos recherches, même imparfaites, pourront rendre service à ceux qui voudraient s'occuper plus tard de l'étude des eaux saumâtres.

A. — OBSERVATIONS ECOLOGIQUES

1. — La température de l'eau

Nous n'avons pu envisager la mesure de la température de l'eau du point de vue strictement écologique. Ce n'est qu'à l'occasion de la prise des échantillons d'eau pour le dosage de l'oxygène dissous, que cette mesure a pu être effectuée. La valeur obtenue ainsi n'est donc pas représentative mais correspond simplement à un moment donné au cours de l'avant-midi, plus exactement entre 10 et 13 heures. Elle sert uniquement à fixer les idées. Dans ces conditions, au cours de ces deux années, la température la plus haute enregistrée a été de 22,2 °C le 13 juillet 1967. Le minimum a été observé le 11 janvier 1968 : 2,5 °C. (Tableau 1.)

TABLEAU 1
Température de l'eau
Période 1966-1968

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	19,5 °C	22,2 °C	22,2 °C
Minimum	4,75 °C	2,5 °C	2,5 °C

2. — La luminosité

On connaît le rôle primordial de la lumière dans la productivité d'une eau en phytoplancton. Pour des raisons d'ordre matériel et pratique, il ne nous a pas été possible d'exécuter des mesures régulières ou continues de ce facteur. Nous avons dû nous contenter des données au sujet de l'insolation telles qu'elles sont publiées dans le « Bulletin météorologique ». On ne dispose donc que du nombre d'heures de lumière relevé à Ostende,

non de l'intensité lumineuse. Ceci nous a néanmoins permis de tenir compte, dans une certaine mesure, du facteur important : lumière.

TABLEAU 2
Luminosité à Ostende
Heures de lumière par mois

1966 :	1967 :	X 16,75
IV 235	I 4,35	XI 9,4
V 126	II 10	XII 5,2
VI 65	III 38,4	1968 :
VII 68	IV 64,5	I 3,7
VIII 68	V 69,3	II 53,4
IX 59	VI 63,2	III 75,0
X 21	VII 105,4	IV 73,0
XI 10,48	VIII 140,6	
XII 3,3	IX 42,02	

A l'examen de ce tableau, on remarque immédiatement que les heures d'insolation varient considérablement, non seulement de mois en mois, mais aussi d'année en année. Ce fait est particulièrement important dans le cas qui nous occupe.

3. — 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. En ce qui concerne la classification de ses eaux, les extrêmes : 17,75 Cl et 11,6 Cl g ‰, permettent de les classer dans le système de A. REMANE (1958) parmi les meio-mésahalines jusqu'aux polyhalines, et dans le système de H. C. REDEKE et I. VALIKANGAS, (Symposium des eaux saumâtres à Venise, 1958), parmi les mixo-mésahalines jusqu'aux mixo-polyhalines (Tableau 3).

TABLEAU 3
Chlorinité - Salinité

	Maximum	Minimum	Moyenne
Chlorinité Cl g/litre	17,75	11,6	15,34
Salinité g/litre	28,46	20,97	27,72

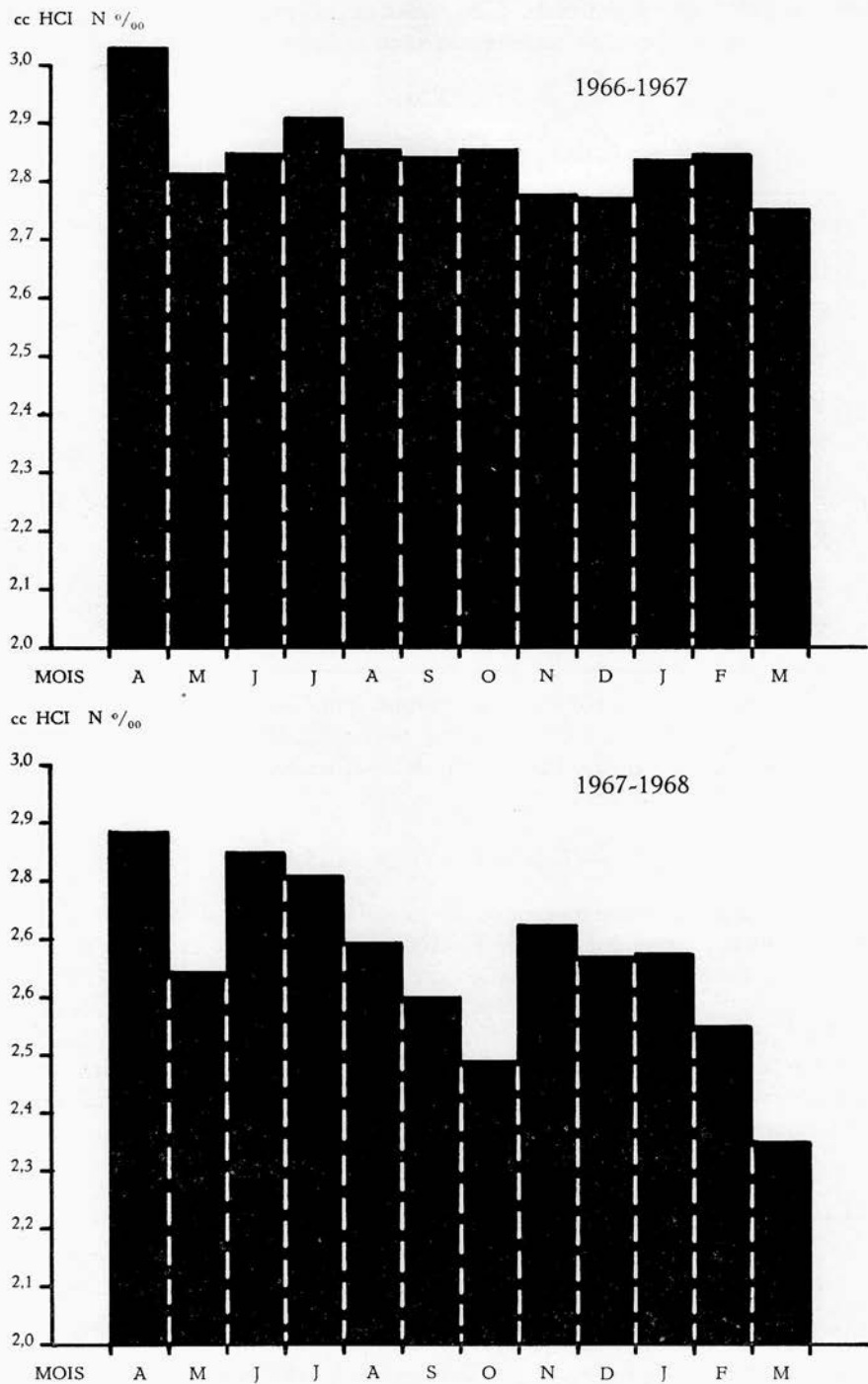


Fig. 1. — Alcalinité

Notons ici que le bassin ne se trouve pas en communication 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, les eaux d'égout d'Ostende.

En ce qui concerne l'eau du port d'Ostende qui alimente ce bassin à marée haute, nos analyses de 1952 (S. LEFEVRE, E. LELOUP, L. VAN MEEL, 1956), indiquent une chlorinité maximale de 15,28 g litre et une salinité correspondante de 27,61 g litre. Le minimum est situé vers 2,97 g Cl par litre correspondant à une salinité de 5,29 g litre. Ces chiffres ont été obtenus au point B situé dans le port en face de l'écluse d'entrée du Bassin du Commerce. L'eau de ce bassin constitue ainsi un milieu relativement stable en ce qui concerne les variations de la salinité.

4. — Alcalinité

L'alcalinité varie dans des limites assez étroites : de 3,316 à 2,234 cc HCl N par litre, pour la période entière (Tableau 4, Figure 1), En Mer du Nord, au West-Hinder nous avons mesuré de 1951 à 1955, une alcalinité maxima de 2,893 et minima de 2,265, soit, en moyenne 2,454 (L. VAN MEEL, 1957). Pour le port d'Ostende (S. LEFEVRE, E. LELOUP et L. VAN MEEL, 1956), l'alcalinité mesurée sporadiquement en 1952-1953 a varié, suivant l'état de la marée et les déversements d'eau douce par le sas Slykens. Durant une période de 7 années environ, des mesures hebdomadaires ou bimensuelles ont donné des variations de l'alcalinité entre 3,254 et 1,702 avec une moyenne de 2,617 (E. LELOUP et L. VAN MEEL, 1956).

TABLEAU 4
Alcalinité exprimée en cc HCl/N par litre

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	3,316	3,316	3,316
Minimum	2,55	2,234	2,234
Moyenne	2,882	2,643	2,750

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

5. — pH

Durant la période de deux années, le pH a varié entre pH = 9,3 et pH = 7,3. La période 1967-1968 a montré un pH légèrement plus alcalin que la période précédente (Tableaux 5 et 6, Figure 2).

Il résulte de l'histogramme de fréquence (Figure 2), que la valeur du pH est située la plupart du temps entre pH = 7,5 et pH = 8,0. Très rarement elle dépasse pH = 9,0 (1 fois, le 11-V-1967).

TABLEAU 5

pH

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	8,88	9,3	9,3
Minimum	7,3	7,62	7,3

L'eau de la Mer du Nord a un pH qui, au Nord, va de pH = 7,9 à 8,23 (S. PALITZSCH), pH = 7,85 à 8,24 (W. E. RINGER); au Sud pH = 8,0 à 8,08. En moyenne, le pH de l'eau de mer varie entre pH = 7,5 à pH = 8,5. En équilibre avec l'atmosphère, il se maintient entre pH = 8,1 et 8,3. Dans la zone euphotique, la photosynthèse des plantes marines peut réduire la concentration en CO₂ 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.

TABLEAU 6

Histogramme de fréquence du pH pour chaque période et pour les deux années

pH	1966-1967	1967-1968	Toute la période
de pH 7,0 à 7,5 ...	3,57 %	2,91 %	3,14 %
de pH 7,5 à 8,0 ...	67,8	68,93	68,55
de pH 8,0 à 8,5 ...	21,42	20,38	20,75
de pH 8,5 à 9,0 ...	7,14	6,79	6,92
de pH 9,0 à 9,5 ...	—, —	9,98	0,63

Dans notre pays, le long de la côte, nous avons mesuré à Wenduine au mois d'août, des pH variant entre pH = 7,85 et 8,18, d'après l'état de la marée.

Nous avons songé à un certain moment à l'action éventuelle des borates entrant assez souvent à l'heure actuelle dans la composition de certains

produits d'entretien, sur le pH de l'eau du bassin étudié. Dans ce but nous avons dosé le B dissous et avons trouvé une concentration assez constante autour de 4,15 mg de B par litre. D'après la formule bien connue $B \text{ ‰} = 0,00024 \text{ Cl ‰}$, nous aurions dû trouver théoriquement 3,85 mg B par litre en tenant compte de la chlorinité. Etant donné qu'en moyenne, l'eau de mer contient de 4,3 à 4,8 mg de B au kg, il semble que la quantité de B introduite dans le bassin soit négligeable.

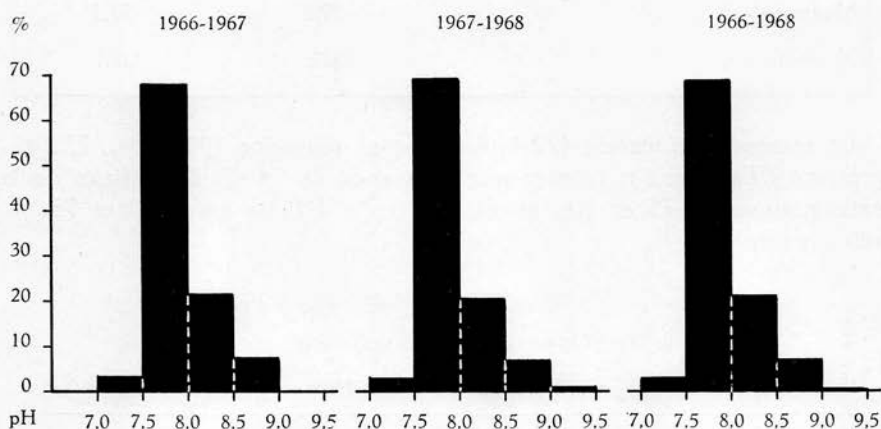


Fig. 2. — Histogramme de fréquence du pH

Comparée à l'eau du bassin de chasse à Ostende où nous avons mesuré le pH régulièrement au cours des années précédentes, l'eau du Bassin du Commerce a un pH généralement moins alcalin.

En effet, nous n'y avons jamais mesuré des pH de 7,0 à 7,5, les valeurs les plus fréquentes se trouvent entre pH 8,0 et 8,5 (60,5 % des cas), alors qu'au Bassin du Commerce, les pH les plus fréquents sont situés entre pH = 7,5 et 8,0 (68 %).

6. — L'oxygène dissous

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

Sauf quelques exceptions entre les mois de septembre 1966 et janvier 1967 (non inclus), durant lesquels il s'est manifesté un déficit de la saturation, en moyenne, jusque vers 57 %, on a observé, au cours de tout le restant de nos observations, des sursaturations plus ou moins élevées, pouvant atteindre 422,4 % (Tableau 7, Figure 4).

TABLEAU 7
Oxygène % de la saturation

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	273,9	422,4	422,4
Minimum	57,4	59,8	57,4
Moyenne	120,8	133,4	127,1

La saturation a atteint 422,4 % et est en moyenne 127,14 %. L'histogramme (Tableau 8), montre une fréquence de 24 % de déficits de la saturation entre 75 et 100 % et 18 % de déficits entre 50 et 75 %, soit au total 42 %.

TABLEAU 8
Oxygène % de la saturation
Histogramme de fréquence

Oxygène %	fréquence	Oxygène %	fréquence
de 50 à 75	18 %	de 250 à 275	2
de 75 à 100	24	de 275 à 300	
de 100 à 125	16	de 300 à 325	1
de 125 à 150	16	de 325 à 350	1
de 150 à 175	12	de 350 à 375	
de 175 à 200	12	de 375 à 400	
de 200 à 225	4	de 400 à 425	1
de 225 à 250	4		

L'analyse de ce tableau permet de conclure à 42 % de saturations déficitaires en dessous de 100 %, alors que dans 58 % des cas on constate des sursaturations qui atteignent parfois, mais assez rarement, un taux très considérable.

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 anthropotique 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 de leur ampleur en l'occurrence. Comme pour beaucoup d'autres observations, l'enregistrement intégral aurait pu donner ici des résultats décisifs. Quoiqu'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.

Nous essayerons de comparer plus loin dans ce travail, les teneurs en chlorophylle à ces cas de sursaturation. Dans les grandes lignes, on constate une tendance à une corrélation.

7. — Le potentiel d'oxydo-réduction

Le potentiel d'oxydo-réduction a été mesuré à chaque visite au biotope étudié. En résumé on note (Tableau 9):

TABLEAU 9
Potentiel d'oxydo-réduction
rH

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	rH = 28,75	25,75	28,75
Minimum	rH = 19,25	17,75	17,75
Moyenne	rH = 23,25	22,34	22,59

Maximum rH = 28,75 à pH = 8,88 mV = + 400 O₂ % = 273,35
Minimum rH = 17,75 à pH = 7,72 mV = + 99 O₂ % = 193,0

Durant ces deux années de recherches, le potentiel d'oxydo-réduction est toujours resté positif avec un maximum de mV = 400 et un minimum de mV = 99. Aux dates correspondantes, la saturation de l'oxygène était respectivement de 273,35 et 19,30 %.

8. — L'ammoniaque

Les concentrations en ammoniaque sont généralement assez élevées : jusque 4,59 mg NH₃ par litre. Il provient sans doute de la fermentation des composés azotés organiques contenus dans les eaux d'égout (Tableau 10).

TABLEAU 10
Ammoniaque NH_3 mg/litre

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	4,59	3,50	4,59
Minimum	0,06	0,7	0,06
Moyenne	1,30	1,92	1,61

La concentration minimum tend vers zéro et la teneur moyenne est 1,61 mg/litre. Les concentrations les plus fortes ont été notées au cours des derniers mois de l'année 1967. Le minimum s'est présenté en octobre 1966.

9. — Les nitrites

La concentration en nitrites a été élevée surtout au mois de décembre 1966 : 1,229 mg/litre en moyenne exprimés en NO_2 . La pointe observée correspond à 2,62 mg/litre, le 16 décembre (Tableau 11, Figures 4 et 5).

TABLEAU 11
Nitrites en NO_2 mg/litre

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	2,62	0,852	2,62
Minimum	0,0	0,0	0,0
Moyenne	0,347	0,288	0,318

Les nitrites varient de 0 à 2,62 mg/litre en moyenne. 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.

10. — 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 1951-1953, nous avons trouvé un maximum de 2,90 et un minimum de 0,0 mg NO_3 par litre.

Ce maximum reste donc bien inférieur aux valeurs maximales mesurées dans ce bassin. En mer, la moyenne est de 1,2 mg/litre.

TABLEAU 12.

Nitrates en NO_3 mg/litre

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	5,37	5,24	5,37
Minimum	0,098	0,0	0,0
Moyenne	1,585	1,542	1,563

On a mesuré des maxima en décembre 1966, février 1967, janvier, février et mars 1968; des minima importants en juillet 1966, mai 1967 et août 1967 (Tableau 12, Figures 4 et 5).

11. — Azote minéral total

A partir des résultats : ammoniacque, nitrites et nitrates, nous avons calculé l'azote minéral total dissous. Cette nouvelle valeur doit nous servir au calcul du rapport N/P (Tableau 13). Nous reviendrons plus loin sur la discussion de ces chiffres (Figure 3).

12. — Les phosphates

La remarque que nous avons faite au sujet de la concentration supérieure en nitrates à celle de l'eau de mer, est aussi valable pour les phosphates. Durant la période de trois années mentionnées 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.

Au Bassin du Commerce, au contraire, le maximum enregistré a été de 2,176 mg par litre avec un minimum tendant vers zéro (Tableau 14, Figure 4). Les maxima se présentent à des intervalles peu éloignés les uns des autres. Ainsi, en 1966, août et octobre, en 1967 : janvier, février, août et novembre sont les plus importants. Les minima ont été obtenus en avril 1966 et 1967, sans atteindre la déplétion complète.

TABLEAU 13

Azote minéral total dissous

N mg/litre

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
	N-NH ₃		
Maximum	3,775	8,224	8,224
Minimum	0,049	0,493	0,049
Moyenne	1,102	1,754	1,428
	N-NO ₂		
Maximum	0,786	0,675	0,786
Minimum	0,0	0,0	0,0
Moyenne	0,109	0,100	0,1045
	N-NO ₃		
Maximum	1,425	5,24	5,24
Minimum	0,026	0,0	0,0
Moyenne	0,362	0,327	0,344
	N-total		
Maximum	4,202	3,38	4,202
Minimum	0,105	0,515	0,105
Moyenne	1,562	1,974	1,768

TABLEAU 14

Phosphates PO₄ mg/litre

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	1,868	2,176	2,176
Minimum	0,108	0,012	0,012
Moyenne	0,875	1,272	1,073

13. — Le rapport N/P

Les recherches sur la répartition et les variations saisonnières des nitrates et des phosphates dans l'eau de mer ont conduit à établir une relation sensiblement proportionnelle entre ces deux constituants. On considère que les organismes végétaux les utilisent dans la même proportion, quand ils sont présents dans l'eau, puisque, dans les couches superficielles, en été, leur épuisement par le phytoplancton est à peu près complet. Le rapport des nitrates (N) aux phosphates (P) — après correction de l'erreur due aux sels en ce qui concerne les phosphates — a été mis en évidence par A. C. REDFIELD (1934). il serait égal à 6,7. En Manche, d'après L. H. N. COOPER (1937), le rapport varie entre 11,4 et 21,6.

Dans le bassin étudié ici (Tableau 15), la concentration en azote influence très sensiblement le rapport de sorte qu'on obtient souvent des valeurs fort élevées. Citons comme extrêmes : N/P = 74,51 en avril 1966 178,2 en mai 1967. En moyenne, on a obtenu : N/P = 10,11. On a enregistré les écarts les plus importants en avril et juin 1966 (Figures 3 et 6).

TABLEAU 15

Rapport N/P, moyennes mensuelles

Mois	1966	1967	1968
I	—	14,64	7,64
II	—	5,48	7,36
III	—	8,75	7,54
IV	29,74	20,12	6,96
V	11,64	60,87	—
VI	2,61	2,98	—
VII	4,43	4,80	—
VIII ...	6,89	2,41	—
IX	4,77	2,91	—
X	3,91	5,94	—
XI	2,76	4,08	—
XII	9,37	3,88	—

14. — La silice

Nous avons mesuré des maxima en août 1966, décembre 1966 et janvier 1967, en janvier 1968. Les minima en mai 1966 et mai 1967. La moyenne pour toute la période est de 3,294 mg Si O₂ litre (Tableau 16, Figure 8).

TABLEAU 16

Silice SiO₂ mg/litre

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	7,146	6,07	7,146
Minimum	0,181	0,0	0,0
Moyenne	3,624	2,965	3,294

15. — Les hydrates de carbone

Comme les eaux d'égoût de la Ville d'Ostende ont une influence certaine sur les eaux de ce bassin, nous avons tenu à doser les hydrates de carbone en solution.

TABLEAU 17

Hydrates de carbone en saccharose mg/litre

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	4,706	2,466	4,706
Minimum	0,206	0,0	0,0
Moyenne	1,637	0,918	1,277

On constate une diminution très progressive depuis les mois de juillet-août jusqu'en août 1967 et de juin 1967 à novembre 1967. Deux maxima bien caractéristiques : juillet-août 1966 et juin-juillet 1967. La moyenne pour toute la période est de 1,277 mg/litre (Tableau 17, Figures 3 et 9).

16. — Les acides aminés

Pour la même raison invoquée pour les hydrates de carbone, nous avons essayé de nous rendre plus ou moins compte, dans la mesure de nos moyens, de la teneur en acides aminés de ces eaux. Nous avons dû

nous contenter toutefois de ne rechercher que le tryptophane (Tableau 18, Figures 3 et 9).

TABLEAU 18
Acides aminés. Tryptophane mg/litre

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	3,2	2,287	3,2
Minimum	0,038	0,075	0,038
Moyenne	0,714	0,745	0,729

On a constaté trois maxima : juillet, août 1966, août 1967 et novembre-décembre 1967.

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

17. — Tensioactifs

Nous n'avons pu entreprendre la recherche des tensioactifs qu'à partir de janvier 1967, en nous limitant, toutefois, aux tensioactifs du type ionogène, c'est-à-dire, les anioniques et les cationiques. Pour les anioniques, la substance de comparaison est constituée par le Manoxol O T, HOPKINS et WILLIAMS n° 784-5 : sodium di(2-ethylhexyl) sulphosuccinate; pour les cationiques, c'est le bromure de N-cetyl-N, N, N-triméthylammonium MERCK n°2342. Les résultats sont donc exprimés en mg/litre de ces deux substances (Tableau 19, Figure 3).

Pour les anioniques, on a mesuré un maximum de 0,559 mg/litre le 21 décembre 1967 et un minimum de 0,036, le 8 juin. En moyenne on trouve : 0,202 mg/litre.

En ce qui concerne le groupe des tensioactifs classés comme cationiques, leur concentration dans le Bassin du Commerce est minime, leur usage étant très restreint : un maximum de 0,065 mg/litre le 3 janvier et un minimum de 0 à plusieurs reprises durant toute la période de nos investigations. En moyenne on obtient : 0,023 mg/litre.

Nous avons effectué des dosages dans le but de rechercher l'incidence possible des concentrations variables de tensioactifs, facteur anthropobiotique sur la composition et la périodicité du phytoplancton de ce bassin.

18. — Huiles minérales

Il ne nous a pas été possible, pour des raisons d'ordre pratique, d'effectuer chaque semaine, le dosage des huiles minérales en émulsion dans l'eau du bassin. Quelques dosages nous permettent de conclure à un ordre de grandeur de 1,6 mg/litre environ (notamment le 21-III-1968).

TABLEAU 19

Tensioactifs

Moyennes mensuelles

Mois	Anioniques	Cationiques	Mois	Anioniques	Cationiques
1967 :			IX	0,212	0,031
I	0,268	0,07	X	0,090	0,034
II	0,181	0,011	XI	0,193	0,033
III	0,169	0,012	XII	0,307	0,035
IV	0,235	0,029	1968 :		
V	0,321	0,020	I	0,207	0,028
VI	0,119	0,018	II	0,154	0,011
VII	0,284	0,020	III	0,089	0,0
VIII	0,340	0,029	IV	0,075	0,0

19. — L'azote total

Quant à l'azote total minéral et organique déterminé par la méthode de KJELDAHL sur le résidu sec d'un litre d'eau du bassin, il est de l'ordre de 14,9 mg N par litre d'eau. L'azote minéral dissous étant en moyenne de 1,768 mg/litre (Tableau 13), l'azote organique sera donc en moyenne $14,9 - 1,768 = 13,1$ mg/litre.

En possession de ce chiffre et de la quantité de permanganate utilisée pour l'oxydabilité, nous avons essayé de savoir à quel genre de matières organiques il fallait attribuer cette oxydabilité. L'oxydation de 13,1 mg d'azote demande, en théorie, 45,0 mg d'oxygène. On a utilisé pour l'oxydation 21,39 mg de permanganate, correspondant à 54,14 mg d'oxygène. Il en résulte que nous avons utilisé 9,14 mg de plus que nécessaire pour l'azote. Ce surplus a été certainement utilisé pour l'oxydation de la matière organique carbonée. Il correspond à 3,4 mg de carbone.

A la même date on a mesuré :

Hydrates de carbone exprimés en saccharose	0,779 mg/litre
L-tryptophane	3,36 mg/litre

Ces quantités de saccharose et de L-tryptophane correspondent respectivement 0,33 et à 0,23 mg de carbone, soit au total 0,56 mg/litre.

Si nous retranchons cette valeur de celle du carbone oxydé par le permanganate, il nous reste encore 2,84 mg de carbone à répartir entre

les corps organiques contenant du carbone et d'autres substances carbonées non dosées.

Ces calculs ne sont évidemment pas rigoureusement exacts et on pourrait nous opposer qu'ils ne répondent peut être pas tout à fait à la réalité, ne fût-ce déjà que par la manière d'exprimer les résultats qui n'est qu'empirique. Ils ne peuvent donc signifier qu'un ordre de grandeur. Quoi qu'il en soit, ils suffisent, croyons-nous à montrer que, dans les grandes lignes, les substances organiques dissoutes dans l'eau du Bassin du Commerce paraissent être constituées principalement de matières organiques azotées correspondant à 13,1 mg d'azote par litre. Dans le même ordre d'idées, la matière carbonée correspondrait à 3,4 mg/litre dont 0,56 peuvent être attribués aux hydrates de carbone (en saccharose) et aux protéines (tryptophane) et il resterait ainsi 2,84 mg de carbone appartenant à diverses autres substances organiques dissoutes. Nous pensons avoir montré ainsi l'extrême richesse en matières nutritives de ce bassin.

2. — Les matières en suspension

Dans ce bassin, les détritits en suspension sont rares. Les matières en suspension sont généralement constituées uniquement d'éléments figurés appartenant le plus souvent au phytoplancton. On a pu faire une série de mesures qui permettent de situer comme extrêmes : maximum 1451 mg par 100 litres d'eau, minimum 19,4 mg par 100 litres d'eau, soit en moyenne : 193,27 mg par 100 litres d'eau (Tableau 20).

TABLEAU 20

Matières en suspension

Moyennes mensuelles mg par 100 litres d'eau

Mois	mg	Mois	mg
1966 :		1967 :	
IV	49,4	I	—
V	174,5	II	—
VI	175,2	III	90,3
VII ...	168,4	IV	71,6
VIII ...	472,7	V	333,5
IX	152,4	VI	219,4
X	563,1		
XI	146,4		
XII ...	129,8		

Il se présente deux cas où la quantité était tellement faible qu'elle était non dosable, notamment en janvier et février 1967, de même que le 16 et le 22 décembre 1966. Le maximum s'est présenté le 4 août 1966, le minimum, le 24 novembre de la même année, sans compter les non mesurables, comptés comme zéro.

* * *

Nous sommes arrivés ainsi à la fin des considérations générales sur les divers facteurs écologiques étudiés dans le Bassin du Commerce. Dans la partie qui suit on s'efforcera de valoriser toutes ces données numériques par rapport au phytoplancton.

B. — Valorisation des résultats

Nous entendons confronter, dans cette partie du travail, les résultats des observations écologiques avec les données biologiques, principalement avec les concentrations chlorophylles, a, b et c et les grands groupes du phytoplancton : *Bacillariophyceae*, *Dinophyceae* et *Chlorophyta*.

On peut citer comme facteurs principaux : les dérivés azotés, les phosphates, les matières organiques, telles les hydrates de carbone et les protéines. Dans les pages qui suivent, nous comparerons successivement les facteurs les uns avec les autres afin d'essayer d'en déduire l'incidence qualitative et quantitative sur le phytoplancton.

Le fait que le Bassin du Commerce n'est pas fermé mais reçoit, à des intervalles irréguliers, des apports extérieurs de composition très variable, constitue une difficulté majeure dans l'interprétation des résultats.

Comme les incidences sont parfois fugaces et/ou très compliquées, nous avons condensé les facteurs principaux dans un seul graphique (Figure 3), dont les données sont basées sur les moyennes mensuelles renseignées dans divers tableaux épars dans le texte. Dans ce graphique, les perpendiculaires sur l'axe vertical sont proportionnelles aux concentrations.

Nous avons pris la chlorophylle totale (a + b + c) comme base de départ et de comparaison, puisque le phytoplancton dont elle provient constitue dans la biocénose décrite ici, à la fois un élément producteur et un élément consommateur.

a. — Chlorophylle et lumière.

Comme on peut le voir sur le graphique (Figure 3), la production de la chlorophylle s'effectue en rapport avec les saisons et la lumière. À ce point de vue, automne et hiver 1966 et 1967 sont caractéristiques par

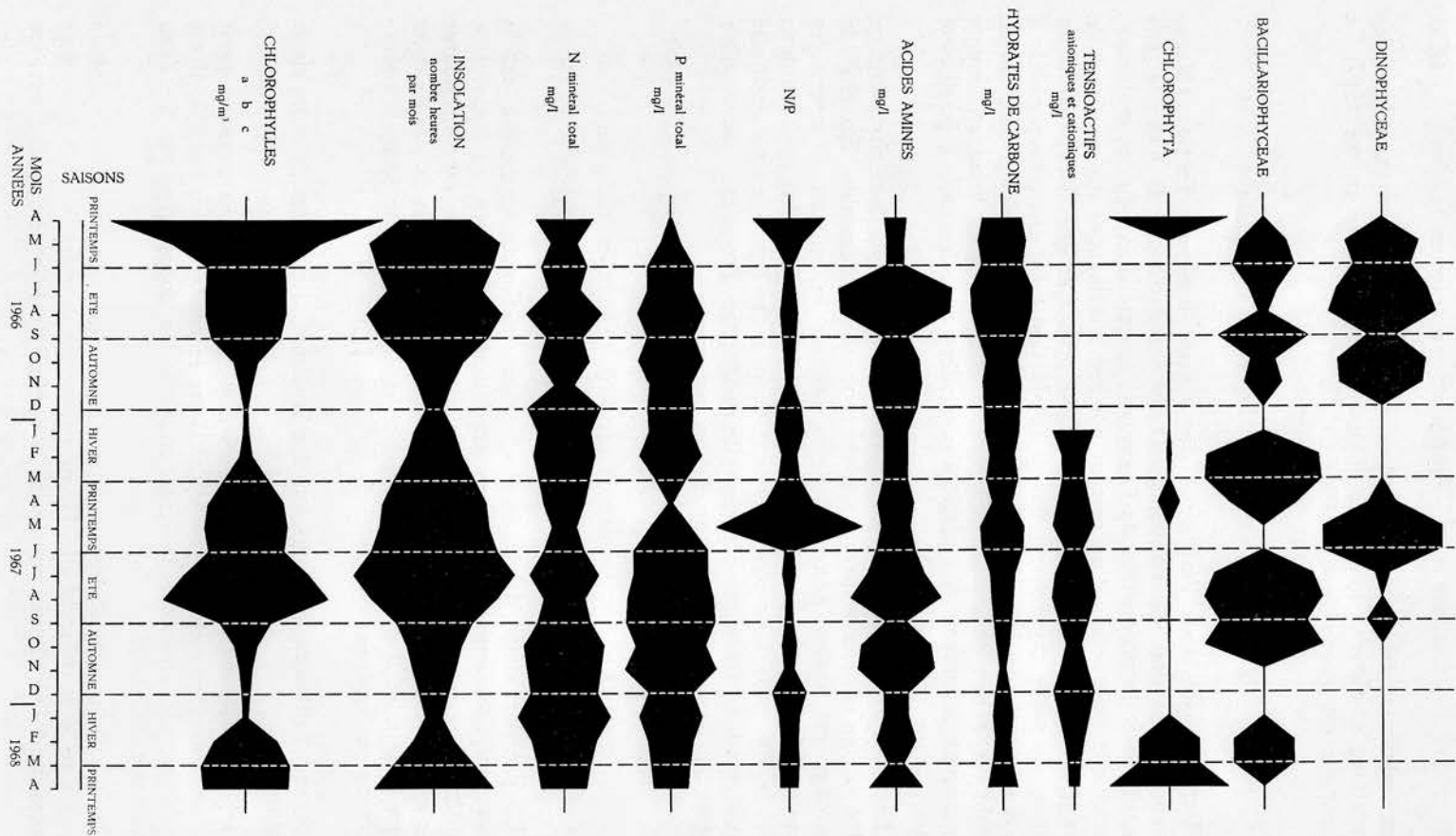


Fig. 3. — Diagramme d'ensemble

leur minimum très prononcé. Aux autres saisons correspondent des variations similaires : maximum chlorophylle et lumière en été 1967. Le maximum est moins élevé en 1966.

b. — Chlorophylle et oxygène

On sait que, sous l'influence des rayons lumineux l'action chlorophyllienne produit de l'oxygène. Dans notre biotope il n'en va pas autrement et la production de l'oxygène, toutes choses égales d'ailleurs, en faisant abstraction d'un certain nombre d'influences qui soutirent de l'oxygène à mesure de sa formation, on peut dire que durant les deux années de notre expérimentation, la production est à peu près parallèle à la production de la chlorophylle. La courbe de celle-ci a une forme semblable à une sinusoïde. Les minima sont situés en hiver et, comme on pouvait le prévoir, les maxima coïncident avec les mois à luminosité plus intense (Figure 5).

La concentration de l'oxygène décrit une courbe similaire du moins en 1966 où les minima se présentent de septembre à décembre. En 1967, la situation est moins nette, plusieurs pointes se suivent à intervalles réguliers de mai à septembre, puis un minimum coïncidant avec les mois d'hiver. On peut donc conclure, dans les grandes lignes, à une similitude entre ces deux facteurs : chlorophylle-production d'oxygène, sans vouloir prétendre toutefois à une corrélation rigoureuse.

c. — Azote ammoniacal-nitreux-nitrique et oxygène

Le premier stade de la minéralisation de l'azote organique est la formation d'ammoniaque qui, par oxydations successives, se transforme en nitrites et en nitrates, forme assimilable par les plantes tant inférieures que supérieures. Il y a donc lieu de suivre ces trois formes de l'azote dans notre bassin et d'examiner l'incidence de l'oxygène sur leurs transformations successives.

Avant d'entamer la discussion des résultats, il convient de faire deux remarques :

1°. — Nous devons admettre telles quelles les valeurs trouvées pour les concentrations en ammoniaque. Dans le cas qui nous occupe, il est impossible de contrôler la production de ce corps à partir de l'eau résiduaire d'Ostende.

2°. — Dans cette discussion nous devons tenir compte et de l'oxygène dissous et de la chlorophylle. D'une part, cette dernière produit l'oxygène nécessaire à l'oxydation ammoniacale-nitrite-nitrate et, en second lieu, les

nitrites formés servent à son développement. Il s'agit donc ici d'un réel cycle fermé. C'est pourquoi nous avons repris ces deux facteurs sur notre graphique (Figures 4,5).

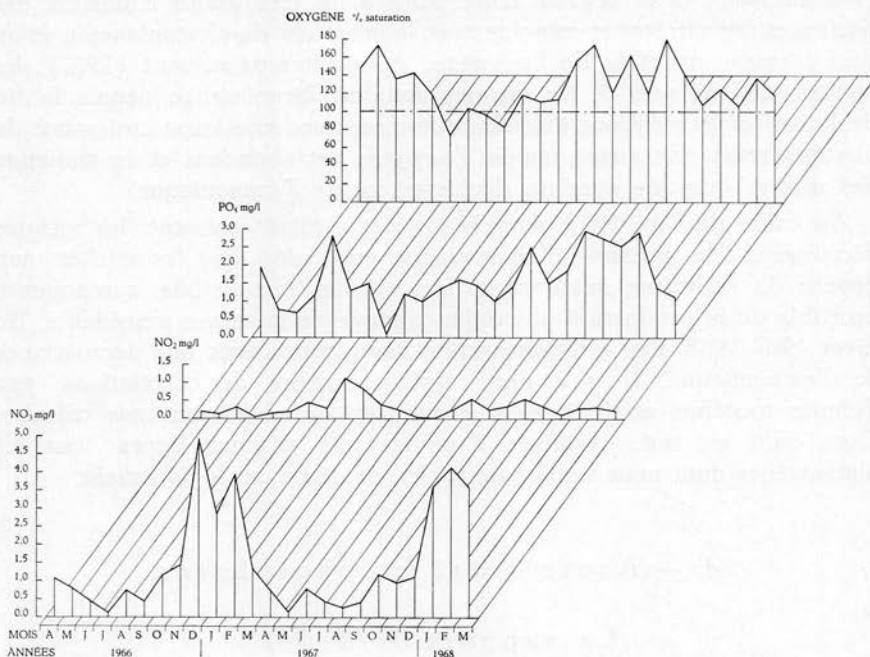


Fig. 4.

Si nous examinons les graphiques des figures 3, 4 et 5, en suivant les saisons, nous constatons les faits suivants :

Les relations entre phytoplancton, la production de l'oxygène dissous et la concentration en nitrates s'établissent normalement et peuvent se définir aisément sans se départir des règles généralement admises.

1. — Aux deux périodes printanière et estivale correspond une production de phytoplancton aux dépens des nitrates;

2. — Au cours des deux périodes automnale et hivernale, il y a une augmentation des nitrates qui ne sont plus absorbés par un phytoplancton déclinant;

3. — Aux périodes de productivité du phytoplancton correspondent des productions d'oxygène : printemps et été. Il y a une diminution nette aux moments où le phytoplancton est en régression.

Les relations $\text{NH}_3\text{-NO}_2\text{-NO}_3$ sont beaucoup plus difficiles à établir avec exactitude. Comme nous l'avons signalé plus haut, la production de l'ammoniaque est incontrôlable dans ce cas particulier, de sorte que les

minima ne correspondent pas nécessairement à un stade de production intense de nitrites (Figure 5).

On constate, en automne-hiver 1966, une période minimale pour l'ammoniaque, cette période correspond à un très grand maximum des nitrites et des nitrates et coïncide avec le minimum du phytoplancton et un fléchissement parallèle de l'oxygène. Au printemps suivant (1967), les nitrites tendent vers 0, les nitrates sont en décroissance depuis la fin de l'hiver et le resteront jusqu'en automne, avec une large croissance du phytoplancton. En même temps, l'oxygène est abondant et le minimum des nitrites coïncide avec un fléchissement de l'ammoniaque.

Au cours de l'été 1967, ammoniaque et nitrites croissent, les nitrates décroissent. En automne, l'ammoniaque croît ainsi que les nitrites, aux dépens de l'oxygène qui décroît. Les nitrates restent bas, conséquence probable de la production phytoplanctonique de la saison précédente. En hiver 1967-1968, il y a thésaurisation des nitrates avec une décroissance de l'ammoniaque. Il y a donc certain nombre de corrélations, peu définies toutefois et difficiles à démontrer, ne se laissant pas calculer. Quoi qu'il en soit, examinés dans les très grandes lignes, tous les phénomènes dont nous venons de parler, se déroulent logiquement.

d. — Azote total et phosphates

Le rapport N/P (*)

Dans la partie de ce travail traitant des observations écologiques, nous avons traité les phosphates et le rapport N/P. Pour faciliter les comparaisons, nous avons estimé utile de calculer l'azote minéral total des trois composants : NH_3 , NO_2 et NO_3 , que nous avons considéré ainsi comme azote disponible.

Il s'agit maintenant de comparer ce rapport avec la production de la chlorophylle (Figures 5 et 6). On constate immédiatement que les deux valeurs élevées du rapport N/P s'établissent au cours des deux périodes printanières et coïncident ainsi avec une production sensiblement élevée de phytoplancton. Dès que ces deux maxima ont pris fin, le rapport N/P décroît très rapidement. Les alternances de croissance et de décroissance de N et de P coïncident généralement avec des périodes similaires en ce qui concerne le phytoplancton. Les rapports N/P élevés se sont produits deux fois durant deux périodes printanières lorsque la production de phytoplancton était intense. Quoique le P semble s'épuiser davantage que le N, on aurait toutefois tendance à croire qu'il ne peut être question, dans ce milieu spécial, de considérer P comme facteur limitant, les apports extérieurs, même irréguliers, ne faisant jamais tomber la concentration à 0, comme ce serait le cas dans une cuvette lacustre fermée.

(*) Cfr. note accompagnant l'annexe 3.

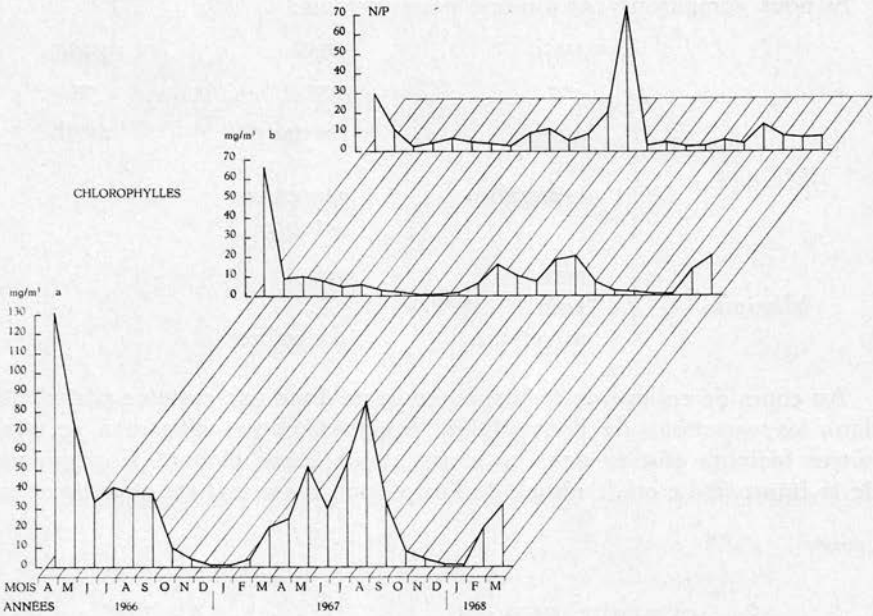


Fig. 6.

e. — La matière organique dissoute
(oxydabilité)

Nous ne pouvons terminer cet aperçu sans faire mention du rôle joué par la matière organique dissoute dans les eaux qui nous occupent.

TABLEAU 21

Matière organique dissoute. Oxydabilité mg KMnO_4 /litre

	1966-1967	1967-1968	Toute la période
Maximum	34,552	31,46	34,552
Minimum	11,427	12,890	11,427
Moyenne	18,405	20,067	19,236

La courbe de l'oxydabilité comporte deux maxima et trois minima bien caractéristiques, les minima en février et septembre-octobre 1967 et en mars 1968; les maxima en mai et décembre 1967. En 1966, il s'est produit trois minima et trois maxima d'une ampleur toutefois beaucoup moindre. Les minima de 1966 se sont produits en avril, juin et septembre; les maxima en mai, août et novembre (Tableau 29, Figure 7).

Si nous comparons ces années, nous voyons :

	1966	1967	1968			
	—	—	—			
Minima	} avril juin septembre	} février septembre octobre	} avril			
				Maxima	} mai août novembre	} mai décembre

Au cours de ce laps de temps, on constate donc une certaine périodicité dans les variations de l'oxydabilité. Pour comparer celles-ci à certains autres facteurs étudiés dans ce bassin, nous avons élaboré le graphique de la figure 7. Le stade ultime de l'oxydation de la matière organique est

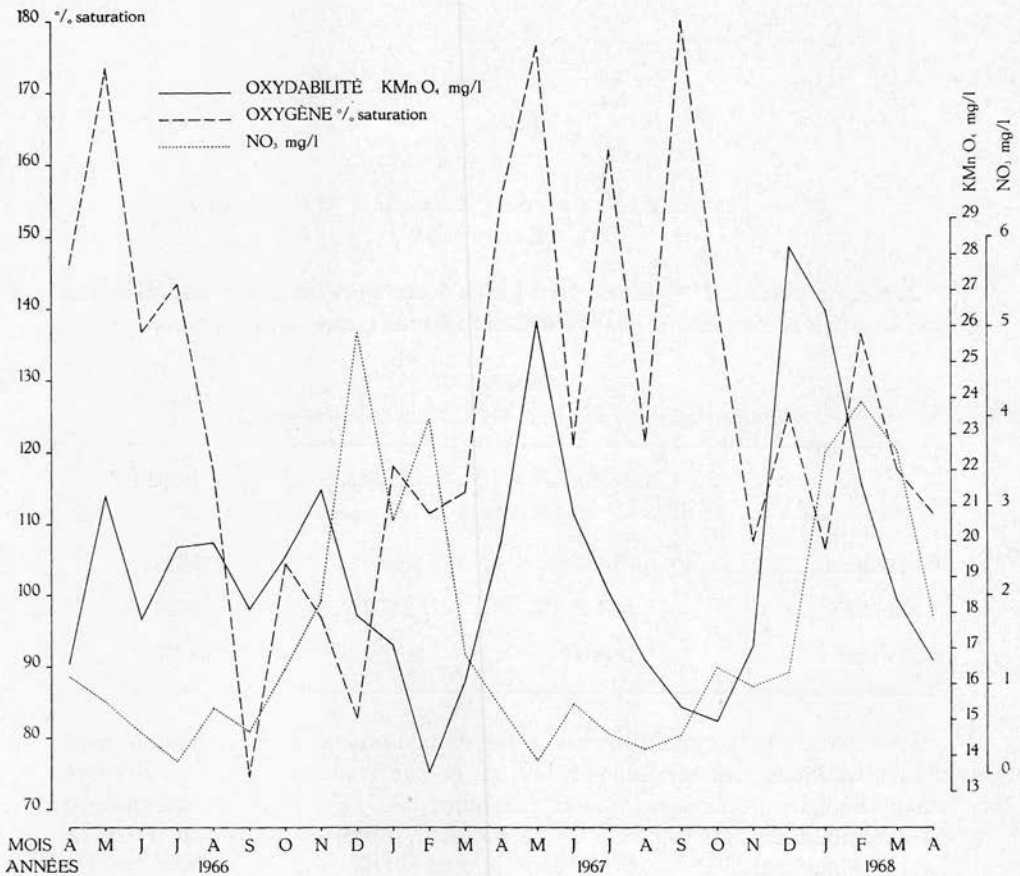


Fig. 7.

constitué comme on sait par les nitrates et l'acide carbonique. Nous savons par nos calculs antérieurs que, dans ce bassin, la matière organique semble constituée principalement de matières azotées. Le CO_2 produit peut donc être négligé. La plus grande difficulté pour une visualisation de ces réactions réside dans le fait que durant les mois à plus forte luminosité, donc printemps et été, les nitrates sont rapidement consommés, à mesure de leur formation, par le phytoplancton. C'est donc durant la période hivernale que nous obtiendrons la relation la mieux visible. En effet, au cours de l'hiver 1966-1967, nous voyons une diminution de l'oxygène, une diminution de la matière organique accompagnée d'une augmentation des nitrates. Pendant le printemps et l'été 1967, un minimum en nitrates correspond à un des maxima de l'oxygène. La consommation maintient les nitrates à des concentrations basses. Au cours de l'hiver suivant, il se produit une diminution de la matière organique, une diminution du taux de l'oxygène et une augmentation des nitrates. Tout ceci corrobore encore une fois ce que limnologues et océanographes ont pu démontrer dans les lacs et les océans : durant les mois d'hiver, il se produit un enrichissement, une thésaurisation, en nitrates.

f. — Silice et Diatomées

Les diatomées ont présenté 4 maxima : deux en janvier-février et deux, de moindre importance, en août et octobre. La première fois, la silice était relativement abondante (Figure 8) fin période hivernale; pendant toute la période estivale, la courbe était ascendante.

Il n'y a apparemment aucun lien entre ces phénomènes.

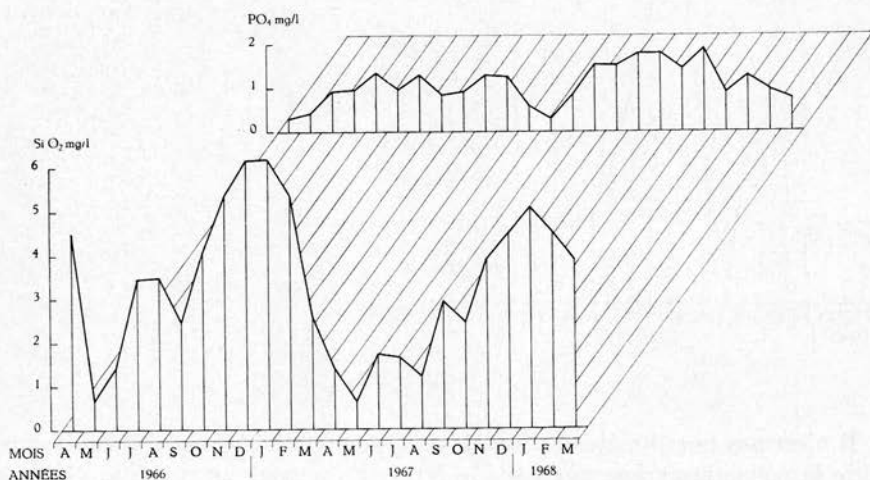


Fig. 8.

g. — Protéines, hydrates de carbone et Dinophycées

En été 1966, les protéines ont présenté une concentration maximale entre deux maxima de Dinophycées. Un maximum de ces dernières, fin hiver 1966, coïncide avec une période de décroissance des protéines.

Par contre, deux périodes successives de croissance des protéines été-automne 1967, correspondent au maximum été-automne des Dinophycées.

Quant aux hydrates de carbone, les minima correspondent à des maxima des Dinophycées et inversement.

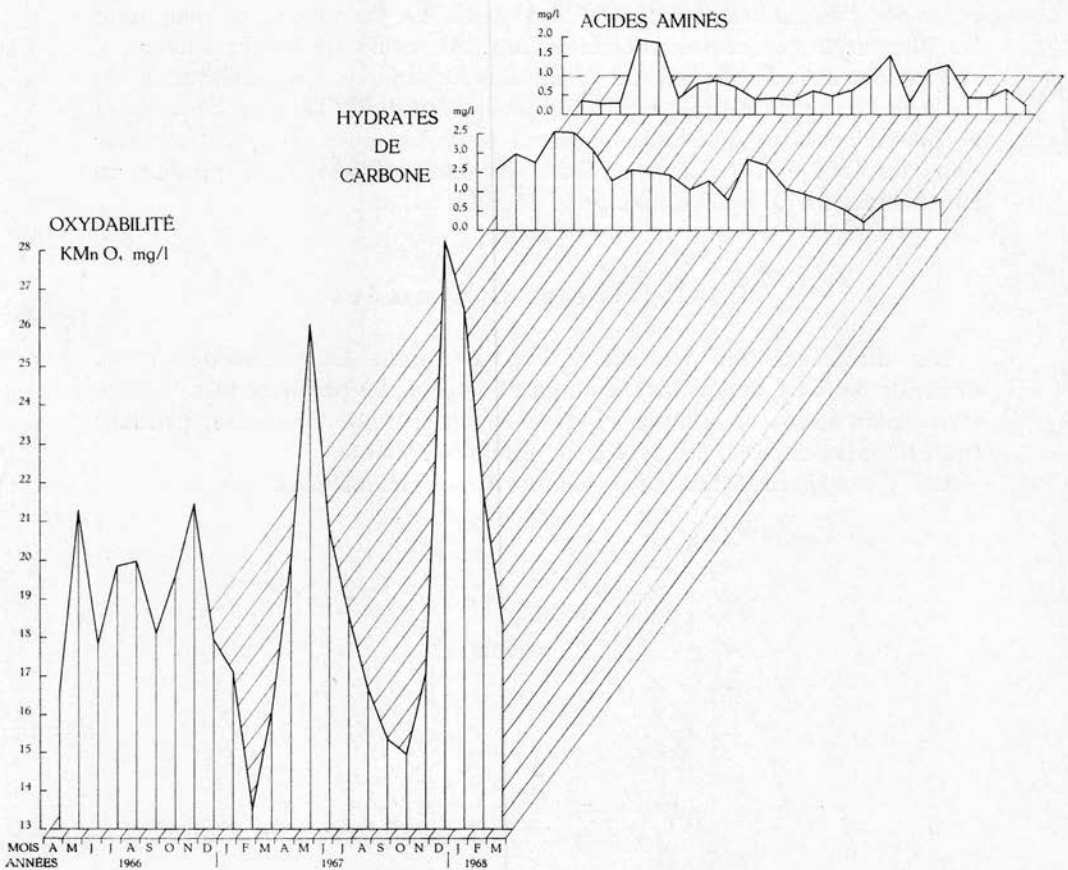


Fig. 9.

Il n'est pas possible de chiffrer des relations et à ce propos nous devons faire la même remarque que pour le NH_3 : les apports sont incontrôlables. Quoi qu'il en soit, il paraît y avoir, dans les grandes lignes, une proportion inverse entre la production des Dinophycées et les concentrations en protéines et hydrates de carbone.

h. — Tensioactifs et phytoplancton

La concentration relativement basse des tensioactifs dans le Bassin du Commerce paraît être sans influence sur la production du phytoplancton, à des minima et maxima de phytoplancton correspondent des minima et des maxima en tensioactifs. Il est dès lors difficile de conclure à une influence quelconque.

* * *

Nous clôturons cette partie de notre étude par un tableau récapitulatif (Tableau 22) des maxima, minima et moyennes de tous les facteurs écologiques mesurés.

Le chapitre consacré aux conclusions générales fait suite à la deuxième partie du travail publiée dans un prochain bulletin.

TABLEAU 22

Tableau récapitulatif des maxima, minima et moyennes

	Maximum	Minimum	Moyenne
Cl g/litre	17,75	11,6	15,39
Salinité g/litre	32,07	20,97	27,69
Alcalinité cc HCl N/litre	3,316	2,234	2,750
pH	9,3	7,3	7,5 à 8,0
Oxygène %	422,4	57,4	127,1
Potentiel d'oxydo-réduction rH	28,75	17,75	22,59
Ammoniaque NH ₃ mg/litre	4,59	0,06	1,61
Nitrites NO ₂ mg/litre	2,62	0,0	0,318
Nitrates NO ₃ mg/litre	5,37	0,0	1,563
Azote minéral total N mg/litre	4,202	0,105	1,768
Phosphates PO ₄ mg/litre	2,176	0,012	1,073
Silice SiO ₂ mg/litre	7,146	0,0	3,294
Hydrates de carbone en saccharose mg/litre	4,706	0,0	1,277
Protéines en tryptophane mg/litre	3,2	0,038	0,729
Tensioactifs anioniques mg/litre	0,559	0,036	0,202
Tensioactifs cationiques mg/litre	0,065	0,0	0,023
Oxydabilité mg KMnO ₄ /litre	34,552	11,427	19,236

RÉSUMÉ

Dans cette première partie de l'étude d'un bassin maritime dans le port d'Ostende, consacrée à l'étude du milieu et comportant une période de deux années, 1966-1968, avec des observations hebdomadaires, on a examiné successivement les facteurs suivants : la température de l'eau, la luminosité, la chlorinité-salinité, l'alcalinité, le pH, l'oxygène dissous et la saturation, le potentiel d'oxydo-réduction, l'ammoniaque, les nitrites, les nitrates, l'azote minéral total, les phosphates, le rapport N/P, la silice, les hydrates de carbone, les protéines, les tensioactifs, les huiles minérales, l'azote total, les matières en suspension, l'oxydabilité et la chlorophylle. On s'est efforcé ensuite de valoriser les résultats obtenus en comparant les facteurs entre eux afin d'étudier leur interaction et l'incidence possible les uns sur les autres en fonction de la production de la chlorophylle.

Sans entrer dans le détail des conclusions réservées à la seconde partie de l'étude, on peut citer très brièvement :

Le bassin du Commerce à Ostende est situé en cul de sac, le mettant ainsi à l'abri de fluctuations considérables en ce qui concerne la salinité. Celle-ci varie de 11,6 à 17,75 g Cl par litre. Ses eaux sont à classer dès lors parmi les eaux meiomesohalines à polyhalines.

La valeur du pH est située la plupart du temps entre $\text{pH} = 7,5$ et $\text{pH} = 8,0$. Elle dépasse très rarement $\text{pH} = 9,0$.

La saturation de l'oxygène est en moyenne 127,14 % et atteint exceptionnellement 422,4 %. Il y a quelques déficits de la saturation ne dépassant pas 50 %.

Les matières détritiques sont assez rares.

Tous les corps dosés ont des concentrations maxima et minima qui correspondent plus ou moins entre eux et entre la présence ou l'absence de quantités plus ou moins abondantes de chlorophylle et par conséquent de phytoplancton.

La quantité de substances nutritives confère à ces eaux un degré d'eutrophie particulièrement élevé de sorte qu'elles frisent l'oligosaprobie.

On a pu suivre ainsi de très près les variations de toute une série de facteurs écologiques afin de les mettre en rapport avec les variations en qualité et en quantité du phytoplancton. Nous avons ainsi préparé dans cette publication les matériaux nécessaires aux considérations écologiques au sujet du plancton à publier ultérieurement.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- BARNES, H.
1955. *The analysis of sea water. A review.* (Analyst, LXXX, pp. 573-592.)
- BATTIN, G. A. W.
1967. *Nomograms for Chlorophyll determinations.* (J. mar. biol. Assoc. U.K., XLVII, pp. 407-414.)
- BRANDT, K.
1929. *Phosphate und Stickstoffverbindungen als Minimumstoffe für die Produktion im Meer.* (Rapp. et P. V. Cons. int. explor. mer., LIII, p. 5.)
- CREITZ, G. I. & RICHARDS, F. A.
1955. *The estimation of plankton populations by pigment analysis III.* (J. mar. Res., XV, pp. 92-101.)
- DUXBURY, A. C. & YENTZSCH, C. S.
1950. *Plankton pigment nomographs.* (J. mar. Res., XV, pp. 92-101.)
- GRAHAM, H. W.
1943. *Chlorophyll content of marine plankton.* (J. mar. Res., IV, pp. 153-160.)
- HARDING, M. W. & MOBERG, E.
1953. *Determination and quantity of boron in sea water.* (Proc. Pacif. Sc. Congr. Canada, III, pp. 2093-2095.)
- HAASE, L. W.
1960. *Deutsche Einheitsverfahren für Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung.* (Weinheim.)
- HARVEY, H. W.
1928. *Biological chemistry and physics of sea water.* (Cambridge, 194 p., 65 fig.)
1945. *Recent advances in the chemistry and biology of sea water.* (Cambridge, 164 p., 29 fig., 16 Tab.)
1963. *The chemistry and fertility of sea waters.* (Cambridge, 240 p.)
- HILL, M. N.
1962. *The sea I-II. The composition of sea water.* (New York.)
- LEFEVERE, S., LELOUP, E. & VAN MEEL, L.
1956. *Observations biologiques dans le port d'Ostende.* (Mém. Inst. roy. Sc. nat. Belg., n° 138, 157 p.)
- LELOUP, E. & VAN MEEL, L.
1960. *Le bassin de chasse à Ostende. II. Etude écolo-gique et planctonique.* (Mém. Inst. roy. Sc. nat. Belg., n° 154, pp. 38-189.)
- LIEBMANN, H.
1951. *Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie.* (München. Bd. I. 539 p., 436 fig. 13 pl.)
- LONGWELL, J. & MANIECA, W. D.
1955. *Determination of anionic detergents in sewage, sewage effluents and river waters.* (Analyst, LXXX, p. 167.)
- MARTIN, D. F.
1968. *Marine chemistry. I. Analytical methods.* (New York, 280 p.)
- OEHLER, K. E.
1957. *Eigenschaften grenzflächenaktiver Stoffe und deren nachweis im Wasser.* (Vom Wasser, XXIV, pp. 142-159.)
- PARSONS, T. R. & STRICKLAND, J. D. H.
1963. *Discussion of spectrophotometric determination of marine-plant pigments with revised equations for ascertaining Chlorophylls and Carotenoids.* (J. mar. Res., XXI, pp. 155-163.)
- RAKESTRAW, N. W.
1941. *The determination of dissolved organic nitrogen in sea water.* (J. mar. Res., IV, p. 76.)

RICHARDS, F. A. & THOMPSON, T. G.

1952. *The estimation and characterization of plankton populations by pigment analysis. I-II.* (J. mar. Res., XI, pp. 147-172.)

SIMPOSIO.

1959. *Simposio sulla classificazione della acque salmastre. Venezia 8-14 Aprile 1958.* (Arch. d. Oceanogr. e Limnol., XI, Suppl. Venezia, 1959, 248 p.)

STANDARD METHODS.

1946. *Standard methods for the examination of water and sewage.* (New York, 9^e éd. 286 p.)

STRICKLAND, J. D. H.

1960. *Measuring the production of marine phytoplankton.* (Fish. Res. Board Canada, Bull. n° 122, Ottawa, 172 p.)

STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T. R.

1965. *A manual of sea water analysis.* (Ottawa, 185 p.)

THOMPSON, T. G. & ANDERSON, D. D.

1940. *The determination of the alkalinity of sea water.* (J. mar. Res., III, pp. 224-229.)

TUCKER, A.

1949. *Pigment extraction on a method of quantitative analysis of phytoplankton.* (Trans. Amer. micr. Soc., LXVIII, pp. 21-33.)

VAN MEEL, J.

1957. *Le milieu marin au Bateau-Phare « West-Hinder ». Période 1951-1955.* (Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belg., XXXIII, n° 4, 36 p.)

1966. *Études hydrobiologiques sur les eaux saumâtres de Belgique. IX. Quatre espèces de protistes, nouvelles pour la côte Belge.* (Bull. Inst. roy. Sc. nat. Belg., XLII, n° 34, 11 p. 4 fig.)

WEST, L. E. & ROBINSON, P. J.

1941. *Potentiometric analysis of sea water. II. Determination of titration alkalinity.* (J. mar. Res., IV, pp. 38-41.)

Annexe 3

Calcul de l'azote des dérivés azotés minéraux,
azote total, phosphore total, relation N/P (*)

Dates	NH ₃	N-NH ₃	NO ₂	N-NO ₂	NO ₃	N-NO ₃	N tot.	PO ₄	P-PO ₄	N/P
1966										
IV	3,48	2,862	0,001	0,0	0,128	0,029	2,891	0,119	0,0388	74,51
	1,18	0,970	0,024	0,007	0,114	0,026	1,003	0,366	0,1193	8,40
	1,44	1,184	0,4	0,121	2,172	0,491	1,796	0,222	0,0724	24,80
	1,62	1,332	0,369	0,112	1,920	0,434	1,878	0,513	0,167	11,24
Moy.		1,587		0,060		0,245	1,892		0,0993	29,74
V	1,24	1,020	0,015	0,005	1,959	0,443	1,468	0,133	0,0433	33,90
	0,43	0,354	0,015	0,005	0,180	0,041	0,400	0,246	0,0802	4,98
	0,99	0,814	0,203	0,062	0,285	0,064	0,940	0,804	0,2622	3,58
	0,46	0,378	0,267	0,081	0,766	0,173	0,632	0,469	0,1529	4,13
Moy.		0,641		0,038		0,180	0,860		0,1346	11,64
VI	0,24	0,197	0,0	0,0	0,122	0,028	0,225	0,482	0,1571	1,43
	0,15	0,123	0,374	0,114	1,040	0,235	0,472	1,036	0,3378	1,39
	0,07	0,057	0,564	0,172	0,176	0,040	0,269	1,060	0,3457	0,77
	1,34	1,102	0,511	0,156	0,633	0,143	1,401	1,296	0,4226	3,31
	1,64	1,349	0,237	0,072	0,308	0,070	1,491	0,744	0,2426	6,14
Moy.		0,565		0,102		0,103	0,772		0,3011	2,61
VII	1,12	0,921	0,002	0,001	0,130	0,029	0,951	1,412	0,4605	2,06
	0,73	0,600	0,0	0,0	0,195	0,044	0,644	1,356	0,4422	1,46
	1,97	1,620	0,233	0,071	0,114	0,026	1,717	0,604	0,1969	8,72
	0,91	0,748	0,019	0,006	0,098	0,022	0,776	0,434	0,1415	5,48
Moy.		0,972		0,019		0,030	1,022		0,3127	4,43
VIII	4,59	3,775	0,019	0,006	0,730	0,165	3,946	0,822	0,2680	14,72
	0,68	0,559	0,446	0,136	1,393	0,315	1,010	1,868	0,6092	1,65
	1,56	1,283	0,365	0,111	0,893	0,202	1,596	1,472	0,4800	3,32
	3,83	3,150	0,006	0,002	0,286	0,065	3,217	1,548	0,5048	6,37
	3,46	2,846	0,001	0,0	0,393	0,089	2,935	1,068	0,3483	8,42
Moy.		2,322		0,051		0,167	2,540		0,4420	6,89
IX	1,80	1,480	0,0	0,0	0,589	0,133	1,613	0,517	0,1686	9,56
	1,17	0,962	0,467	0,142	0,417	0,094	1,198	1,324	0,4318	2,77
	1,10	0,905	0,002	0,001	0,241	0,054	0,960	0,952	0,3104	3,09
	1,18	0,970	0,289	0,088	0,614	0,138	1,196	0,992	0,3235	3,69
Moy.		1,079		0,057		0,104	1,241		0,3085	4,77

Annexe 3 (suite)

Dates	NH ₃	N-NH ₃	NO ₂	N-NO ₂	NO ₃	N-NO ₃	N tot.	PO ₄	P-PO ₄	N/P
X	1,79	1,472	0,576	0,175	1,623	0,367	2,014	1,192	0,3887	5,18
	1,97	1,620	0,724	0,220	1,908	0,431	2,271	1,488	0,4852	4,68
	0,53	0,436	0,056	0,017	0,118	0,027	0,480	1,244	0,4057	1,18
	1,97	1,620	0,468	0,143	1,061	0,240	2,003	1,332	0,4344	4,61
Moy.		1,278		0,138		0,266	1,692		0,4285	3,91
XI	0,06	0,049	0,545	0,166	1,970	0,445	0,660	0,994	0,3241	2,03
	0,08	0,066	0,017	0,005	0,152	0,034	0,105	1,360	0,4435	0,23
	0,14	0,115	0,022	0,007	0,286	0,065	0,187	0,195	0,0635	2,94
	0,13	0,107	0,572	0,174	5,370	1,213	1,494	0,784	0,2556	5,84
Moy.		0,084		0,088		0,439	0,611		0,2716	2,76
XII	0,35	0,288	2,292	0,698	3,215	0,726	1,712	0,550	0,1793	9,54
	0,31	0,255	0,404	0,123	4,882	1,103	1,481	1,136	0,3704	3,99
	2,72	2,237	2,620	0,798	5,168	1,167	4,202	0,672	0,2191	19,17
	1,36	1,119	0,445	0,136	6,307	1,425	2,680	1,008	0,3287	8,15
1,33	1,094	0,387	0,118	5,106	1,153	2,365	1,208	0,3939	6,00	
Moy.		0,998		0,374		1,114	2,488		0,2982	9,37
1967										
I	1,54	1,267	0,009	0,003	0,243	0,055	1,325	1,228	0,4004	3,30
	1,12	0,921	2,580	0,786	1,565	0,354	2,061	1,084	0,3535	5,83
	0,44	0,361	0,350	0,107	5,365	1,212	1,680	1,128	0,3678	4,56
	0,87	0,716	0,349	0,106	4,240	0,958	1,780	1,66	0,0541	32,90
Moy.		0,816		0,250		0,644	1,711	1,275	0,2939	11,64
II	1,12	0,921	0,427	0,130	3,728	0,842	1,893	0,716	0,2335	8,10
	1,03	0,847	0,346	0,105	3,397	0,767	1,719	1,128	0,3678	4,67
	2,24	1,842	0,371	0,113	4,477	1,011	2,966	1,796	0,5857	5,06
	0,99	0,814	0,396	0,121	4,268	0,964	1,899	1,416	0,4618	4,11
Moy.		1,106		0,117		0,896	2,119	1,264	0,4122	5,48
III	0,75	0,617	0,240	0,073	1,899	0,429	1,119	0,788	0,2569	4,35
	1,73	1,423	0,010	0,003	1,585	0,358	1,784	0,616	0,2009	8,88
	1,53	1,258	0,003	0,001	0,387	0,087	1,346	0,432	0,1408	9,55
	3,20	2,632	0,687	0,209	1,882	0,425	3,266	0,692	0,2256	14,47
0,78	0,642	0,254	0,077	0,923	0,209	0,928	0,436	0,1421	6,53	
Moy.		1,314		0,072		0,301	1,688	0,592	1,954	8,75

Annexe 3 (suite)

Dates	NH ₃	N-NH ₃	NO ₂	N-NO ₂	NO ₃	N-NO ₃	N tot.	PO ₄	P-PO ₄	N/P
IV	1,56 1,29 2,00 1,02	1,283 1,061 1,645 0,839	0,080 0,009 0,0 0,0	0,024 0,003 0,0 0,0	1,127 1,343 0,216 0,216	0,255 0,303 0,049 0,049	1,562 1,367 1,694 0,888	0,548 0,340 0,152 0,108	0,1787 0,1108 0,0495 0,0352	8,74 12,33 34,22 25,22
Moy.		1,207		0,006		0,164	1,377	0,287	0,0935	20,12
V	0,8 1,6 0,6	0,657 1,315 0,493	0,0 0,0 0,013	0,0 0,0 0,0	0,17 0,182 0,083	0,038 0,041 0,018	0,695 1,356 0,515	0,012 1,372 1,152	0,0039 0,4474 0,3757	178,20 3,03 1,37
Moy.		0,821		0,0		0,032	0,855	0,845	0,2756	60,87
VI	1,7 0,9 1,3 1,0 2,0	1,398 0,74 1,069 0,822 1,644	0,222 0,363 0,0 0,288 0,445	0,675 0,110 0,0 0,087 0,135	0,479 1,254 0,017 1,122 1,04	0,108 0,283 0,003 0,253 0,234	1,573 1,133 1,072 1,163 2,014	1,980 1,752 1,564 1,204 1,136	0,645 0,571 0,510 0,392 0,370	2,43 1,98 2,10 2,96 5,43
Moy.		1,134		0,201		0,176	1,391	1,527	0,498	2,98
VII	1,6 2,75 2,3 3,3	1,315 2,261 1,891 2,714	0,852 0,708 0,295 0,305	0,259 0,215 0,089 0,092	0,561 0,509 0,483 0,209	0,126 0,114 0,109 0,047	1,701 2,591 2,089 2,854	0,956 1,464 1,792 1,836	0,3117 0,4774 0,5884 0,5987	5,45 5,42 3,55 4,76
Moy.		2,045		1,643		0,994	2,309	1,512	0,4940	4,80
VIII	1,0 0,7 1,7 2,3 1,9	8,224 0,575 1,398 1,891 1,562	0,211 0,012 0,305 0,298 0,43	0,064 0,003 0,092 0,09 0,130	0,274 0,17 0,0 0,473 0,436	0,061 0,038 0,0 0,106 0,098	0,948 0,617 1,49 2,087 1,791	2,080 1,608 1,480 1,912 1,804	0,6783 0,5244 0,4826 0,6235 0,5883	1,39 1,17 3,08 3,34 3,04
Moy.		2,730		0,076		0,061	1,386	1,776	0,5794	2,41
IX	2,35 1,9 2,1 1,05	1,932 1,562 1,727 0,863	0,095 0,308 0,511 0,445	0,028 0,094 0,155 0,135	0,055 0,455 0,564 0,655	0,012 0,102 0,127 0,147	1,973 1,758 2,009 1,146	1,884 1,744 2,176 1,384	0,6144 0,5687 0,7096 0,4513	3,21 3,09 2,83 2,54
Moy.		1,521		0,103		0,975	1,721	1,797	0,5860	2,91
X	2,35 2,5 3,5 3,5	1,932 2,056 2,878 2,878	0,416 2,596 0,541 0,566	0,126 0,181 0,164 0,172	0,636 0,636 1,5 0,96	0,143 0,143 0,338 0,219	2,022 2,381 3,381 3,269	1,364 1,404 1,260 1,732	0,4448 0,4579 0,4109 0,5648	4,54 5,19 8,22 5,78
Moy.		2,436		0,161		0,211	2,763	1,440	0,4696	5,94

Annexe 3 (suite et fin)

Dates	NH ₃	N-NH ₄	NO ₂	N-NO ₂	NO ₃	N-NO ₃	N tot.	PO ₄	P-PO ₄	N/P
XI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,95	2,426	0,367	0,117	1,04	0,234	2,772	1,744	0,5687	4,87
	3,0	2,467	0,42	0,127	0,74	0,167	2,761	2,372	0,7736	3,57
	2,3	1,891	0,285	0,086	0,87	0,019	1,997	1,740	0,5674	3,52
	2,7	2,22	0,3	0,091	1,26	0,028	2,339	1,640	0,5348	4,37
Moy.		2,251		0,105		0,112	2,467	1,874	0,6111	4,08
XII	2,0	1,64	0,0	0,0	0,13	0,029	1,669	0,154	0,0502	33,24
	2,5	2,056	0,0	0,0	0,22	0,004	2,060	0,740	0,2413	8,54
	2,65	2,179	0,195	0,059	2,4	0,542	2,78	1,120	0,3652	7,61
	3,0	2,467	0,255	0,077	1,78	0,402	2,467	1,475	0,4810	5,28
Moy.		2,085		0,034		0,244	2,244	0,872	0,2844	13,88
1968										
I	3,3	2,714	0,275	0,083	2,37	0,535	3,333	1,43	0,4663	7,14
	3,25	2,672	0,345	0,105	4,85	1,095	2,886	1,545	0,5038	5,72
	2,8	2,302	0,265	0,080	3,36	0,759	3,141	1,020	0,3326	9,44
	2,3	1,891	0,255	0,077	3,78	0,855	2,823	1,050	0,3425	8,24
Moy.		2,394		0,867		0,811	3,046	1,261	0,4112	7,64
II	1,25	1,028	0,305	0,092	5,24	1,183	2,304	1,225	0,3995	5,76
	1,25	1,028	0,345	0,105	3,45	0,779	1,912	1,1	0,3587	5,33
	2,2	1,809	0,325	0,098	4,14	0,935	2,842	0,875	0,2853	9,96
	1,2	0,986	0,265	0,080	3,33	0,752	1,818	0,72	0,2348	7,74
	1,05	0,863	0,32	0,097	4,66	1,052	2,012	0,77	0,2510	8,01
Moy.		1,142		0,094		0,940	2,177	0,938	0,3058	7,36
III	1,15	0,945	0,02	0,000	5,09	1,149	2,095	0,625	0,2038	10,27
	1,3	1,069	0,34	0,010	4,07	0,919	1,998	1,02	0,332	6,01
	1,15	0,945	0,295	0,089	2,23	0,504	1,54	0,73	0,238	6,47
	0,95	0,781	0,275	0,083	3,09	0,698	1,562	0,65	0,211	7,40
Moy.		0,935		0,046		0,818	1,799	0,756	0,2487	7,54
IV	1,7	1,398	0,255	0,0776	1,46	0,330	1,806	0,645	0,2103	8,59
	0,8	0,657	0,26	0,0791	2,07	0,467	1,203	0,69	0,225	5,34
Moy.		1,027		0,0783		0,399	1,505	0,667	0,2176	6,96

(*) Les graphiques du rapport N/P — figures 5 et 6 — ont été construits au moyen des moyennes des rapports mensuels N/P telles qu'elles figurent dans la dernière colonne des tableaux de l'annexe 3.

Annexe 4
Matières en suspension mg par 100 litres d'eau

Dates	mg	Dates	mg
1966-7-IV	26,6	1966-3-XI	271,8
14	69,8	10	203,2
21	50,0	17	91,3
28	51,4	24	19,4
Moy.	49,4	Moy.	146,4
1966-4-V	225,4	1966-8-XII	64,0
12	124	16	—
20	167	22	—
26	181,6	29	195,7
Moy.	174,5	Moy.	129,8
1966-2-VI	181,2	1967-5-I	—
9	193,4	12	—
16	182,4	19	—
23	181,6	26	—
29	137,4	Moy.	—
Moy.	175,2	1967-2-II	—
1966-7-VII	90,0	9	—
14	157,8	16	—
19	213,6	23	—
28	212,2	Moy.	—
Moy.	168,4	1967-9-III	77,8
1966-4-VIII	1451,0	16	74,0
11	57,6	23	128,8
18	183,2	30	80,8
25	199,0	Moy.	90,3
Moy.	472,7	1967-5-IV	75,8
1966-8-IX	22,0	13	71,8
15	310,8	20	55,6
22	102,4	27	83,2
27	174,6	Moy.	71,6
Moy.	152,4	1967-4-V	—
1966-6-X	—	11	—
13	—	18	465,8
20	344,2	25	201,2
27	782	Moy.	333,5
Moy.	563,1	1967-1-VI	132
		8	431,6
		15	94,6
		Moy.	219,4

