

C.I.P.S.

MATHEMATICAL MODEL
OF THE POLLUTION IN NORTH SEA.

TECHNICAL REPORT
1971/O:Biol.2

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

ANALYSE DE LA DISTRIBUTION DE LA CHLOROPHYLLE

par

C. VAN BEVEREN
G. HOUVENAGHEL

Lab. D'Océanologie et d'Anatomie Comparée (U.L.B.
Prof. J. BOUILLON et M. STEYAERT)

I. INTRODUCTION.

La détermination de la concentration en chlorophylle dans l'eau de mer constitue une méthode rapide d'estimation de la biomasse et du potentiel photosynthétique du phytoplancton.

II. PRINCIPE.

Les cellules phytoplanctoniques d'un échantillon d'eau de mer récolté soit à la bouteille, soit à la pompe, sont filtrées sur un filtre approprié d'où la chlorophylle est extraite dans une solution d'acétone à partir de laquelle sa concentration est mesurée par spectrophotométrie.

III. MATERIEL ET METHODES.

Travail en mer.

a) Prélèvement des échantillons.

L'eau prélevée soit à la bouteille, soit à la pompe, a été filtrée dès la prise, le délai entre le prélèvement et la filtration ne dépassant jamais 1 heure. Les échantillons ont été récoltés à 0 m, 1 m, 2 m, 4 m, 5 m, 10 m, 15 m, ... selon le fond et les circonstances. Le volume d'eau filtrée sur Filtres Millipores de 0,8u de vide pore (type AA) varie selon le type d'eau (plus ou moins chargée en matières en suspension) dans des limites allant de 0,25 l à 2 l, la filtration étant interrompue par le "clogging" des pores.

b) Conservation.

Les filtres, séchés par passage d'air en fin de filtration,

sont placés dans une enceinte contenant du Silicagel puis conservés à -28°.

c) Numération des filtres.

Des échantillons d'eau de mer ont été recueillis à différentes stations, à plusieurs profondeurs et à diverses heures de la journée. Un code a donc été établi afin de différencier les échantillons.

Ex. :

MO1 : caractérise le bateau utilisé, M = "Mechelen"
et l'endroit de prélèvement, O1 = point 1

230171 : date du prélèvement

00 : profondeur (en m)

1430 : heure du prélèvement

AA : filtre Millipore type AA

1,00L : volume d'eau de mer filtré

B : mode de prélèvement B = bouteille
P = pompe

Ce code est utilisé dans le tableau I pour l'identification des échantillons.

Travail au Laboratoire.

d) Extraction.

Les pigments photosynthétiques sont extraits à l'acétone 90 % selon la méthode de RICHARDS et THOMPSON (1) modifiée par CREITZ et RICHARDS (2) et PARSONS et STRICKLAND (3). L'extraction a donc été effectuée comme suit :

- mise en solution de chaque filtre dans 5 cc d'acétone 90% (acétone G.R. pour analyse, Merck)
- agitation vigoureuse de manière à dissoudre le filtre millipore
- la durée de l'extraction est d'environ 24 h. au froid et à l'obscurité. Il est à noter qu'il est important d'agiter les extraits à plusieurs reprises au cours de ce temps.
- centrifugation des extraits à 12000 tours/min. pendant 30 min. Le surnageant limpide contient les pigments photosynthétiques dans l'acétone.

e) Mesures spectrophotométriques.

- appareil : spectrophotomètre UNICAM SP 800 B
- cuvettes en verre de 1 cm
- enregistrement spectrophotométrique aux longueurs d'onde allant de 750 m μ à 400 m μ aux amplifications adéquates : 5, 10, 20.
- témoin : acétone 90% contenant en solution un filtre millipore vierge et traité rigoureusement dans les mêmes conditions que les filtres contenant le phytoplancton.

f) Calcul des concentrations de chl.a

formule utilisée : équation trichromatique SCOR-UNESCO (4)

a) Quantité de chl.a exprimée en µg/ml.

$$[\text{chl.a}]_1 = 11.64 \text{ DO}_{663} - 2.16 \text{ DO}_{645} + 0.10 \text{ DO}_{630}$$

b) Quantité de chl.a exprimée en µg/l. ou mg/m³

$$[\text{chl.a}]_2 = \frac{[\text{chl.a}]_1 \times \text{vol. acétone (ml)}}{\text{vol. eau de mer filtrée (en l.)}}$$

c) Calcul de la moyenne pondérée \bar{N} (mg/m³)

référence : formule de RILEY (5) modifiée par A. et M. TRAVERS (6).

formule :

$$\bar{N} = \frac{1}{D} \left[d_0 \text{ chl.a}_0 + \frac{(d_1 - d_0) (\text{chl.a}_1 - \text{chl.a}_0)}{2} + \dots \right. \\ \left. + \frac{(d_n - d_{n-1}) (\text{chl.a}_n - \text{chl.a}_{n-1})}{2} + (D - d_n) \text{Chl.a}_n \right]$$

D = profondeur à l'heure où ont été faits les prélèvements

$d_0 = 0,5 \text{ m} \rightarrow \text{chl.a}_0$ = concentration mesurée dans le $1/2 \text{ m}^3$ situé immédiatement sous la surface.

d) Quantité de Chl.a sous 1 m^2 de surface.

principe : intégration sur toute la profondeur

formule :

$$\text{Chl.a (mg/m}^2\text{)} = \text{Chl.a}_0 \left(\frac{d_1 - d_0}{2} \right) + \text{Chl.a}_1 \left(\frac{d_1 - d_0}{2} + \right. \\ \left. \frac{d_2 - d_1}{2} \right) + \text{Chl.a}_{n-1} \left(\frac{d_{n-1} - d_{n-2}}{2} + \frac{d_n - d_{n-1}}{2} \right) \\ + \text{Chl.a}_n \left(\frac{d_n - d_{n-1}}{2} + \frac{D - d_n}{2} \right)$$

avec : Chl.a_n : chlorophylles en mg/m^3 aux différents niveaux d_n considérés

D : profondeur à l'heure où les échantillons ont été prélevés.

IV. PRESENTATION DES RESULTATS.

Tableau I : donne pour chaque échantillon la densité optique à 630, 645 et 663 m μ ainsi que le résultat de l'application des formules f)a) et f)b).

Tableau 2 : représente pour chaque point la distance de ce point à la côte (colonne 1) ; la proximité de bancs (influence possible des algues benthiques et des détritiques déposés) (colonne 2); la moyenne pondérée \bar{N} exprimée en mg/m³ (formule f)c))(colonne 3); la quantité de chlorophylle par m² exprimée en mg/m² (formule f)d))(colonne 4); la différence, à chaque profondeur (colonne 6), de la plus grande concentration mesurée, moins la plus petite (colonne 5).

Tableau 3 : montre la variation de la concentration de chlorophylle à chaque station pour chaque profondeur considérée.

$$\Delta = \left[(\text{Chl.a}) \text{ max.} - (\text{Chl.a}) \text{ min.} \right]$$

La colonne $\bar{\Delta}$ /prof. renferme la moyenne des Δ observés à une même profondeur à tous les points.

La rangée $\bar{\Delta}$ /station renferme la moyenne des Δ observés à toutes les profondeurs pour un point.

La moyenne globale est également donnée $\bar{\Delta}$.

Tableau 4 : indique la variation de la concentration en Chl.a en un point au cours d'une série de prélèvements. La deuxième colonne caractérise l'état de la marée(étale ou courant), la turbulence étant moins grande en période d'étale que lors du flot ou du jusant.

Δ * représente la plus grande variation de la concentration en Chl.a par rapport à la valeur mesurée en surface. Le niveau de la variation maximale est comparé avec la distance du fond. Il est à noter que les mesures sont faites, l'une par échosondage (fond), l'autre par la mesure de la lignée filée, toutes deux étant affectées d'erreurs instrumentales dépendant notamment du tangage et du roulis.

Diagrammes

1 à 7 : représentent en un point donné la concentration en chlorophylle a (mg/m³ ou μ g/l.) en fonction de la profondeur.

8 : diagramme indiquant la valeur de la moyenne pondérée (\bar{N}) en fonction de la distance en miles de la côte.

9 : diagramme montrant, pour chaque point, la quantité de Chl.a présente sous 1 m², en fonction de la distance en miles de la côte.

V. DISCUSSION.

Lorsqu'on examine les résultats obtenus, on remarque l'existence de 3 types de concentration en chlorophylle a :

- des concentrations moyennes (avec $2,48 < \bar{N} < 3,20$ mg/m³, cf. Tableau 2 pour les points MO1, MO3, MO5 et MO6)
- une concentration élevée pour MO2 : $\bar{N} = 8,45$ mg/m³
- une concentration faible pour MO4 : $\bar{N} = 0,98$ mg/m³

Il serait intéressant de comparer et de mettre en corrélation ces résultats avec ceux obtenus en hydrologie afin de déterminer avec exactitude la nature et la stabilité de l'eau considérée.

On peut néanmoins déjà dire que les points caractérisés par une concentration moyenne sont ceux situés dans la bande d'eau côtière.

Parmi ceux qui divergent, MO2 est situé en face de l'embouchure de l'Escaut et MO4 se trouve le plus au large.

Un examen des diagrammes 8 et 9 montre également cette distinction en 3 zones différentes.

Les prélèvements ont été échelonnés dans le temps. La majorité d'entre eux furent réalisés pendant une étale (basse ou pleine mer) ceci afin de prélever tous les échantillons dans une masse d'eau la plus stable possible. Dans quelques cas nous avons procédé pendant le flot ou le jusant. L'écart entre les valeurs maximales et minimales, examiné par profondeur, s'est avéré être le plus grand pour des prélèvements réalisés près du fond, témoignant de la mise en agitation par le courant de marée de diatomées benthiques et surtout de détritus (voir Tableau 2 et graphiques 1 à 7).

Le tableau 3 rend compte de la variabilité obtenue par les résultats de mesures répétées dans un intervalle de temps d'au maximum un jour. Une fois de plus, les points MO4 et MO7 se singularisent: l'un par une grande stabilité relative, l'autre par une grande variabilité. La valeur moyenne de $\bar{\Delta}$ pour l'ensemble des mesures est d'environ 0,75, soit approximativement 25 % pour les concentrations moyennes. Ceci nous montre la nécessité absolue de prélever les échantillons en un temps le plus court possible afin de réduire la variabilité (dépendant essentiellement du courant de marée), c'est-à-dire de procéder aux prélèvements par palanquée complète (toutes les bouteilles en même temps ce qui est difficile par mer agitée et pour des niveaux de prélèvements peu distants) ou par système "multisamples". L'usage de la pompe en continu nous apparaît donc inadéquat pour le travail à divers niveaux. En outre, compte tenu de la variabilité rencontrée au cours de nos mesures et vu l'uniformité relative de la concentration en fonction de la profondeur, il ne nous semble pas indispensable d'effectuer le prélèvement à de nombreuses profondeurs différentes. Ceci devra néanmoins être rediscuté lorsque nous posséderons l'ensemble des résultats hydrologiques et chimiques.

V. DISCUSSION.

Lorsqu'on examine les résultats obtenus, on remarque l'existence de 3 types de concentration en chlorophylle a :

- des concentrations moyennes (avec $2,48 < \bar{N} < 3,20$ mg/m³, cf. Tableau 2 pour les points MO1, MO3, MO5 et MO6)
- une concentration élevée pour MO2 : $\bar{N} = 8,45$ mg/m³
- une concentration faible pour MO4 : $\bar{N} = 0,98$ mg/m³

Il serait intéressant de comparer et de mettre en corrélation ces résultats avec ceux obtenus en hydrologie afin de déterminer avec exactitude la nature et la stabilité de l'eau considérée. On peut néanmoins déjà dire que les points caractérisés par une concentration moyenne sont ceux situés dans la bande d'eau côtière. Parmi ceux qui divergent, MO2 est situé en face de l'embouchure de l'Escaut et MO4 se trouve le plus au large. Un examen des diagrammes 8 et 9 montre également cette distinction en 3 zones différentes.

Les prélèvements ont été échelonnés dans le temps. La majorité d'entre eux furent réalisés pendant une étale (basse ou pleine mer) ceci afin de prélever tous les échantillons dans une masse d'eau la plus stable possible. Dans quelques cas nous avons procédé pendant le flot ou le jusant. L'écart entre les valeurs maximales et minimales, examiné par profondeur, s'est avéré être le plus grand pour des prélèvements réalisés près du fond, témoignant de la mise en agitation par le courant de marée de diatomées benthiques et surtout de détritrus (voir Tableau 2 et graphiques 1 à 7).

Le tableau 3 rend compte de la variabilité obtenue par les résultats de mesures répétées dans un intervalle de temps d'au maximum un jour. Une fois de plus, les points MO4 et MO7 se singularisent: l'un par une grande stabilité relative, l'autre par une grande variabilité. La valeur moyenne de $\bar{\Delta}$ pour l'ensemble des mesures est d'environ 0,75, soit approximativement 25 % pour les concentrations moyennes. Ceci nous montre la nécessité absolue de prélever les échantillons en un temps le plus court possible afin de réduire la variabilité (dépendant essentiellement du courant de marée), c'est-à-dire de procéder aux prélèvements par palanquée complète (toutes les bouteilles en même temps ce qui est difficile par mer agitée et pour des niveaux de prélèvements peu distants) ou par système "multisamples". L'usage de la pompe en continu nous apparaît donc inadéquat pour le travail à divers niveaux. En outre, compte tenu de la variabilité rencontrée au cours de nos mesures et vu l'uniformité relative de la concentration en fonction de la profondeur, il ne nous semble pas indispensable d'effectuer le prélèvement à de nombreuses profondeurs différentes. Ceci devra néanmoins être rediscuté lorsque nous posséderons l'ensemble des résultats hydrologiques et chimiques.

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- (1) RICHARDS et THOMPSON, J.Mar. Res., 11, 156 (1952)
- (2) CREITZ et RICHARDS, J. Mar. Res., 14, 211 (1955)
- (3) PARSONS et STRICKLAND, J. Mar. Res., 21, 155 (1963)
- (4) Monographs on oceanographic methodology. UNESCO 1966, p. 11.
- (5) RILEY, Limnol. Oceanogr., 2, 252 à 270 (1957)
- (6) A. and M. TRAVERS, Rec. Trav. St. Mar. Endoume, Bull. 44, fasc. 60 (1968)
- (7) Feuillelet météorologique des stations MO1 à MO7 janvier et février 1971 (CIPS).

TABLEAU 1 : TABLEAU GENERAL DES RESULTATS

STATIONS	<i>densité optique</i>			CHL.a ($\mu\text{g l}^{-1}$)
	DO ₆₃₀	DO ₆₄₅	DO ₆₆₃	
M01.230171.00.1430.AA.1,00L.B.	0.0190	0.0240	0.0475	2.5148
.01.1425.	0.0165	0.0205	0.0445	2.3768
.02.1421.	0.0177	0.0240	0.0425	2.2232
.05.1418. 1,10L.	0.0185	0.0255	0.0530	2.5622
.07.1415. 1,00L.	0.0196	0.0252	0.0540	2.8804
M01.230171.00.1720.AA.0,50L.B.	0.0130	0.0166	0.0275	2.8554
.04.1714.	0.0140	0.0180	0.0320	3.3500
.07.1710.	0.0170	0.0240	0.0420	4.3874
M01.230171.00.2015.AA.0,50L.B.	0.0125	0.0168	0.0317	3.3395
.04.2012.	0.0155	0.0185	0.0290	2.9915
.07.2010.	0.0148	0.0176	0.0302	3.1499
M02.280171.00.1713.AA.0,40L.B.	0.0120	0.0200	0.0580	7.9140
.05.1719.	0.0145	0.0245	0.0600	8.0866
.07.1726. .0,25L.	0.0112	0.0178	0.0452	9.7760
M02.290171.00.0908.AA.0,35L.B.	0.0206	0.0299	0.0546	8.1860
.05.0905.	0.0076	0.0125	0.0400	6.2766
M02.280171.00.2300.AA.0,35L.P..	0.0185	0.0240	0.0420	6.2699
.07.2300. .0,25L.P.	0.0065	0.0105	0.0300	6.5434
M03.300171.00.1418.AA.1,00L.B.	0.0100	0.0141	0.0382	2.0760
.01.1420.	0.0098	0.0152	0.0381	2.0582
.02.1422.	0.0085	0.0136	0.0390	2.1272
.05.1424.	0.0077	0.0150	0.0370	1.9953
.10.1426.	0.0102	0.0174	0.0480	2.6108
.15.1428	0.0114	0.0171	0.0425	2.2945
.23.1430.	0.0116	0.0226	0.0537	2.8871

STATIONS	DO ₆₃₀	DO ₆₄₅	DO ₆₆₃	CHL.a
MO3.300171.00.2015.AA.1,50L.B.	0.0116	0.0195	0.0513	1.8539
.01.2018. 1,00L.	0.0086	0.0163	0.0425	2.3018
.02.2021.	0.0089	0.0135	0.0384	2.0935
.05.2024.	0.0105	0.0184	0.0470	2.5419
.10.2027.	0.0100	0.0210	0.0481	2.5776
.15.2030.	0.0091	0.0147	0.0465	2.5521
.23.2033.	0.0100	0.0194	0.0539	2.9325
MO3.300171.05.2012.AA.1,50L.P.	0.0150	0.0204	0.0625	2.2831
.10.2030. .1,00L.	0.0114	0.0196	0.0510	2.7622
.15.2210.	0.0150	0.0196	0.0645	3.5497
MO4.310171.00.0913.AA.1,00L.B.	0.0036	0.0048	0.0198	1.1023
.01.0915.	0.0030	0.0035	0.0152	0.8483
.02.0917.	0.0032	0.0038	0.0168	0.9383
.05.0919.	0.0030	0.0048	0.0091	0.4793
.10.0921.	0.0032	0.0040	0.0200	1.1224
.15.0923.	0.0034	0.0060	0.0205	1.1300
.25.0925.	0.0030	0.0043	0.0180	1.0027
MO4.310171.00.0926.AA.1,45L.P.	0.0039	0.0080	0.0320	1.2262
.25.1010. .1,50L.	0.0046	0.0099	0.0333	1.2232
MO5.020271.00.1600.AA.1,00L.B.	0.0110	0.0185	0.0510	2.7739
.01.1602.	0.0082	0.0100	0.0475	2.6606
.02.1604.	0.0080	0.0166	0.0532	2.9210
.05.1606.	0.0100	0.0144	0.0497	2.7420
.10.1608.	0.0085	0.0166	0.0556	3.0609
.15.1610.	0.0093	0.0126	0.0443	2.4468
.25.1612.	0.0170	0.0260	0.0744	4.0578
MO5.020271.00.2235.AA.1,45L.B.	0.0117	0.0216	0.0623	2.3437
.10.2245.	0.0160	0.0335	0.0696	2.5496
.25.2255. .1,25L.	0.0140	0.0250	0.0730	3.1885

STATIONS	DO ₆₃₀	DO ₆₄₅	DO ₆₆₃	CHL.a
MO5.020271.00.1750.AA.1,50L.P.	0.0110	0.0200	0.0630	2.3041
.05.1650. .1,45L.	0.0192	0.0320	0.0908	3.4128
.10.1635. .1,50L.	0.0180	0.0272	0.0810	2.9530
.15.1615.	0.0206	0.0392	0.0940	3.3718
.20.1600. .1,40L.	0.0192	0.0352	0.0976	3.7927
MO6.040271.00.1200.AA.2,00L.B.	0.0184	0.0324	0.0886	2.4079
.05.1204.	0.0184	0.0348	0.0962	2.6161
.10.1208.	0.0232	0.0400	0.1140	3.1072
.15.1212.	0.0260	0.0452	0.1148	3.1031
.25.1216.	0.0212	0.0300	0.0940	2.5787
MO6.040271.00.180.AA.1,75L.B.	0.0220	0.0344	0.0980	3.0532
.05.1804.	0.0184	0.0352	0.0960	2.9807
.10.1808.	0.0248	0.0384	0.1056	3.2821
.15.1812.	0.0286	0.0500	0.1082	3.2980
.25.1816.	0.0300	0.0450	0.1222	3.7949
MO7.050271.00.0810.AA.0,75L.B.	0.0096	0.0126	0.0365	2.6574
.05.0814.	0.0090	0.0136	0.0433	3.1702
.10.0818.	0.0096	0.0194	0.0476	3.4208
MO7.050271.00.0945.AA.0,75L.P.	0.0106	0.0166	0.0432	3.1203
.05.0915.	0.0090	0.0125	0.0414	3.0386
.10.0830.	0.0174	0.0225	0.0510	3.6452

TABLEAU 2.

STATIONS	DISTANCE COTE (miles)	BANCS	\bar{N} mg/m ³	mg/m ²	Δ Chl.a _{max} - Chl.a _{min} mg/m ³	PROFONDEUR (m)
MO1	0.66	banc du cordon littoral	2.48	17.35	0.82 0.36 1.51	00 04 07
MO2	7(Walk.) 8.83(Ost)	banc du Deurlo	8.45	67.62	1.92 1.81 2.24	00 05 07
MO3	12	bancs de sable à environ 5 miles	2.60	67.18	0.23 0.24 0.04 0.55 0.18 1.26 0.04	00 01 02 05 10 15 23
MO4	16.83	bancs de sable à environ 5 miles	0.98	27.98	0.12 0.22	00 25
MO5	3.50	Sud Dijk Ouest Breed Bank	3.01	76.87	0.47 + 0.67 0.51 0.92 0.87	00 05 10 15 25
MO6	11.50	Est banc de sable; Ouest Dijk	2.80	78.57	0.64 0.36 0.17 0.20 1.21	00 05 10 15 25
MO7	5.66	Ostende Bank	3.20	56.70	0.46 0.13 0.23	00 05 10

TABLEAU 3 : VARIATION DE CONCENTRATION DE CHLOROPHYLLE a POUR
CHACQUE STATION ET A CHAQUE PROFONDEUR CONSIDEREE

profondeur \ STAT.	MO1	MO2	MO3	MO4	MO5	MO6	MO7	$\bar{\Delta}$ /prof.
00	0.82	1.92	0.23	0.13	0.47	0.64	0.46	0.67
01			0.24					
02			0.04					
04	0.36							
05		1.81	0.54		0.67	0.36	0.13	0.70
07	1.51	3.24						2.38
10			0.19		0.51	0.17	0.23	0.28
15			1.26		0.92	0.20		0.79
20								
23			0.04					
25				0.22	0.87	1.21		0.77
$\bar{\Delta}$ /station	0.90	2.32	0.36	0.18	0.69	0.52	0.27	

$\bar{\Delta}$ pour l'ensemble des stations : 0.75

TABLEAU 4

STATIONS	HEURE	COURANT DE MAREE	Δ *	PROFONDEUR (m)	
				fond	profondeur du maximum
MO1	14h15 à 14h30	E(BM)	+0.38	7	7*
	17h10 à 17h20	F	+1.53	6.8	7
	20h10 à 20h12	E(PM)	-0.35	8.5	4
MO2	17h13 à 17h19	J	+1.87	8	7
	9h05 à 9h08	J	-1.91	5	5
	23h	E(BM)	-0.27	6	7*
MO3	14h18 à 14h30	E(PM)	+0.81	26.7	23
	20h12 à 20h33	E(BM)	+1.08	26	23
MO4	9h13 à 9h25	E(BM)	-0.62	28.7	5
MO5	16h02 à 16h10	E (PM)	+1.29	25.5	25
	16h00 à 17h50	E(PM)	+1.49	25.5	20
	22h35 à 22h55	E(BM)	+0.85	23	25*
MO6	12h00 à 12h16	E(BM)	+0.70	28	10
	18h00 à 18h16	E(PM)	+0.74	30	25
MO7	8h10 à 8h18	E(PM)	+0.76	15	10
	8h30 à 9h45	E(PM)	+0.53	15.6	10

LEGENDE :

Δ * : le plus grand écart par rapport à la valeur en surface

E : étale PM : pleine mer

BM : basse mer

F : flot

J : jasant

* : ligne filée

DIAGRAMME 2 : Variation de la concentration en Chl.a
à la station M02

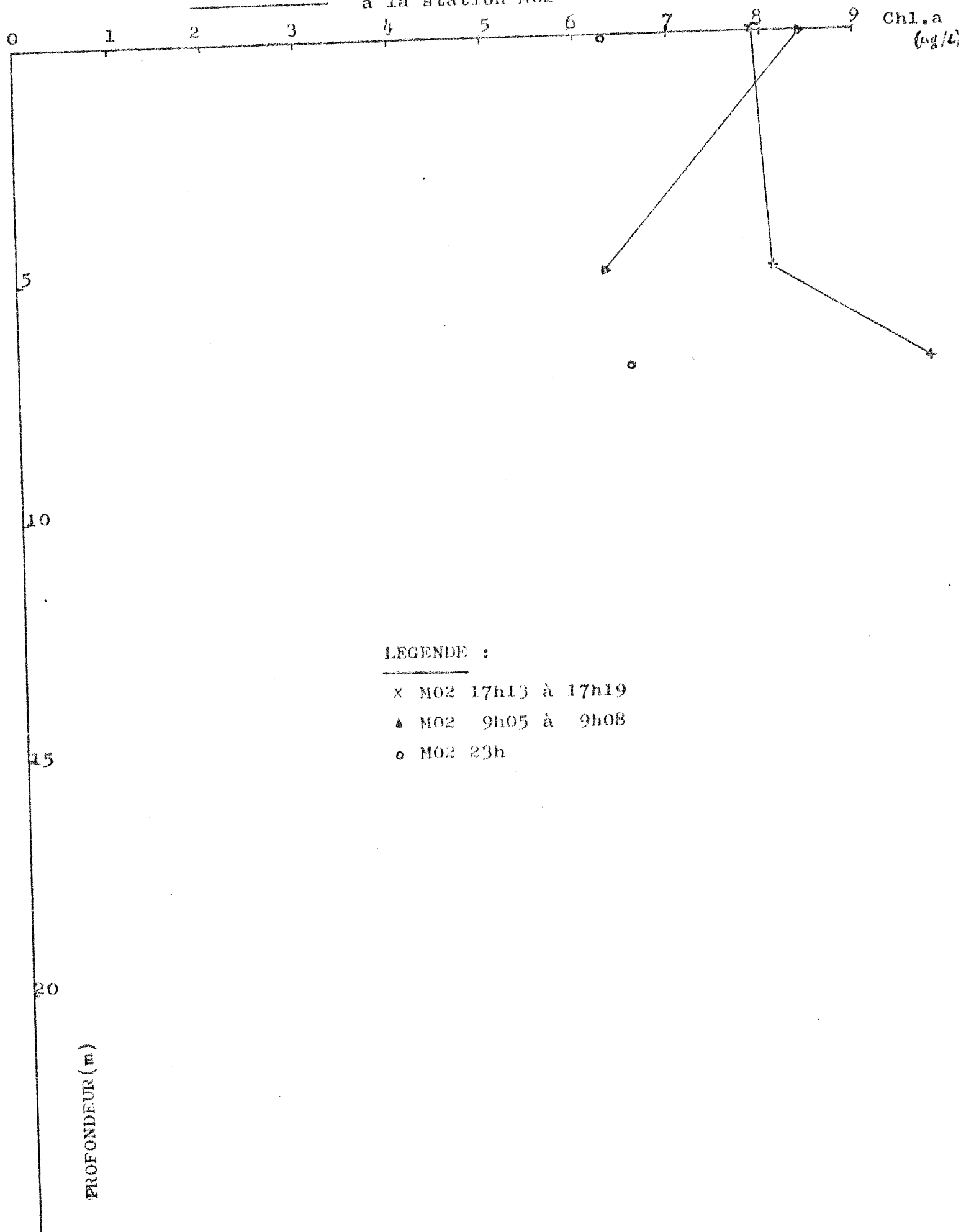


DIAGRAMME 3 : Variation de la concentration en Chl.a
à la station M03

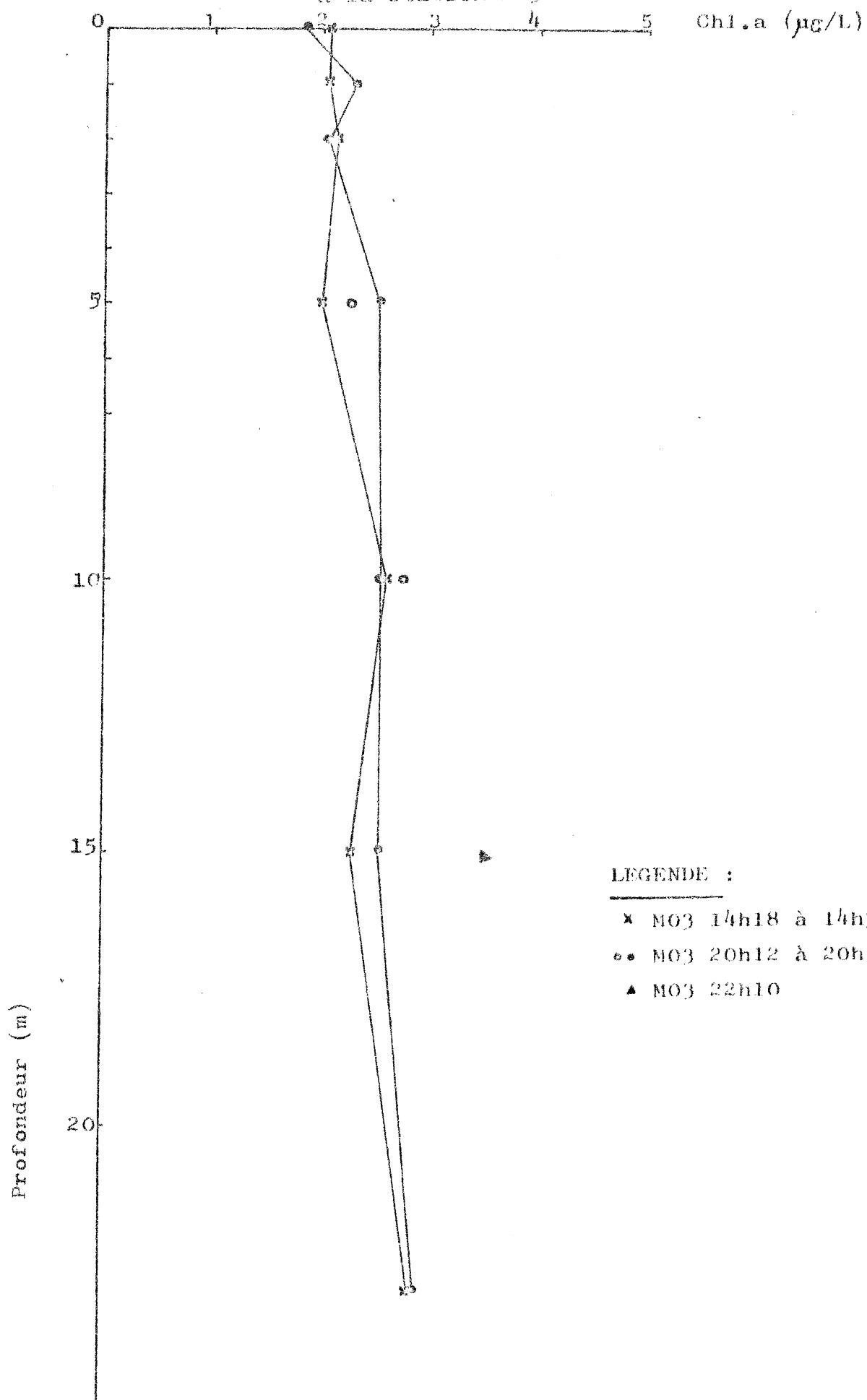


DIAGRAMME 4 : Variation de la concentration en Chl.a
à la station M04

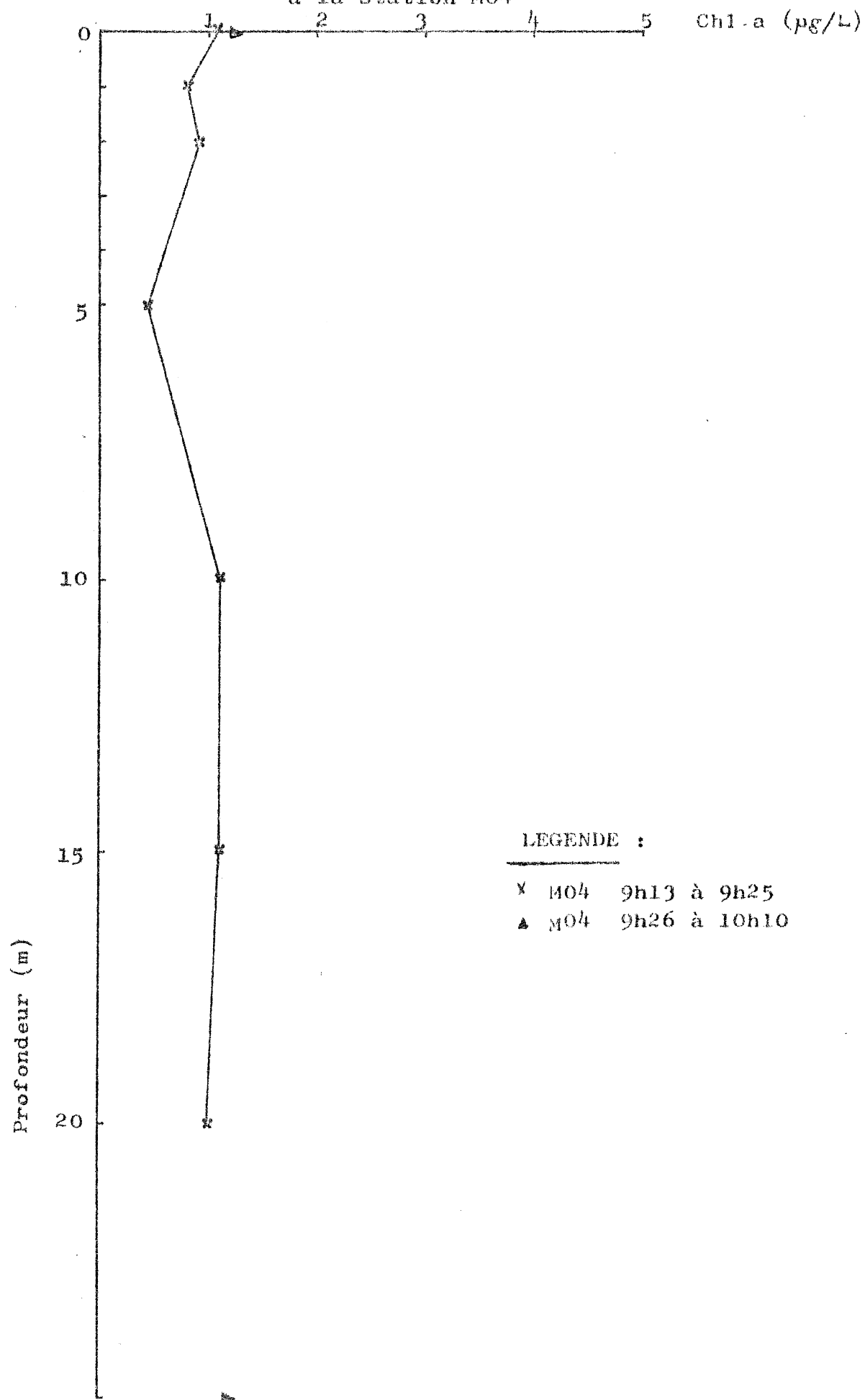
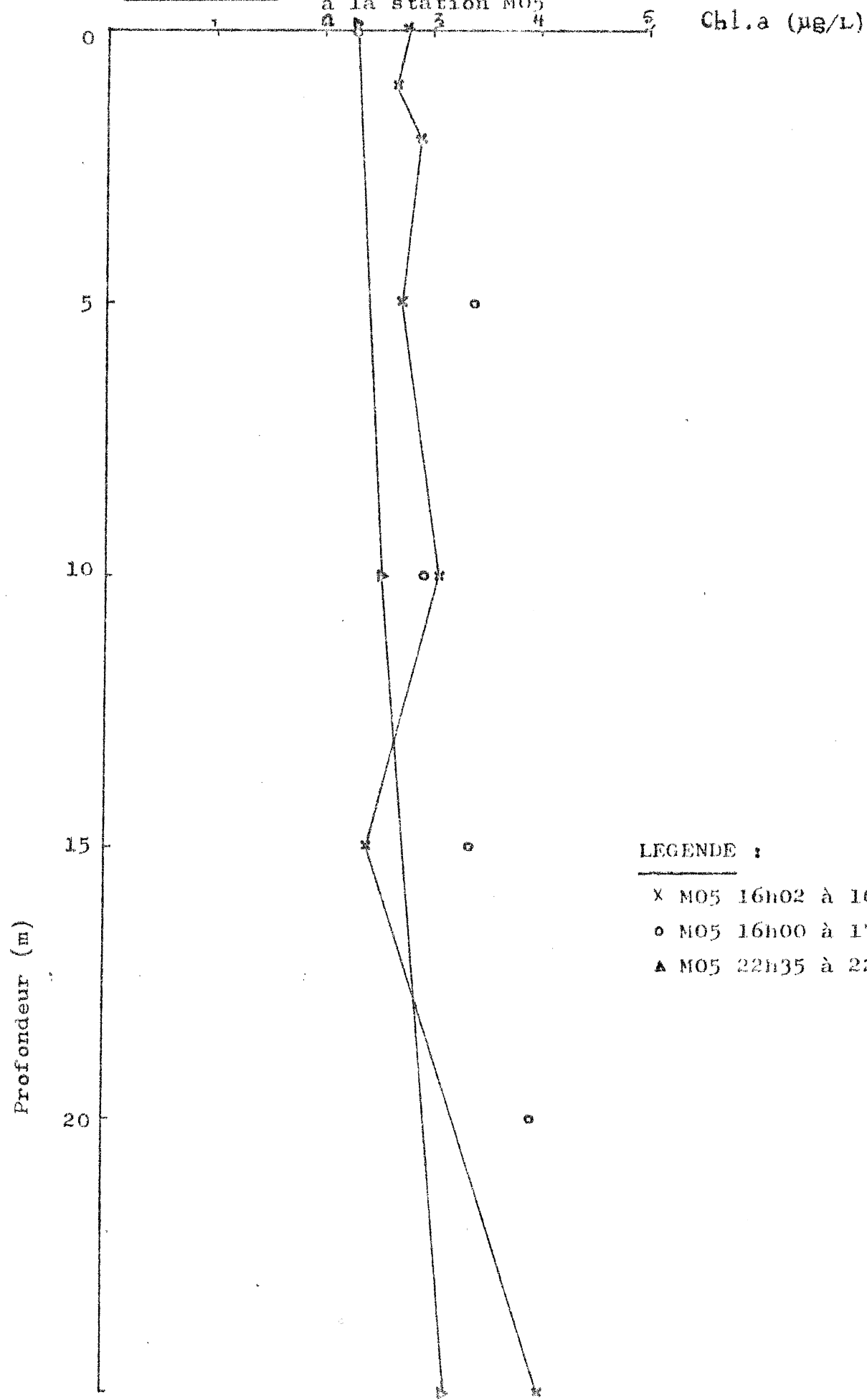


DIAGRAMME 5 : Variation de la concentration en Chl.a
à la station M05

17.



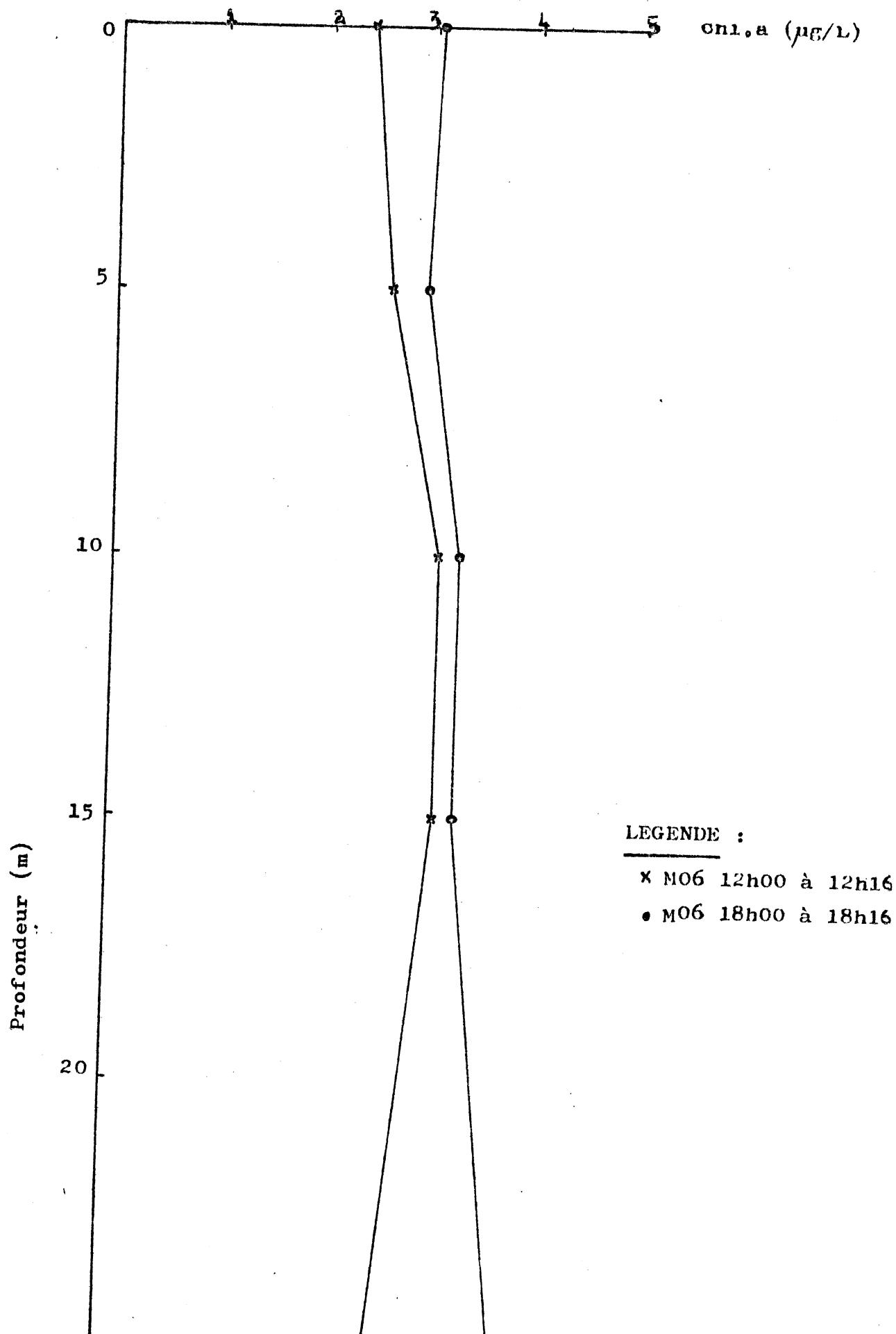


DIAGRAMME 7 : Variation de la concentration en Chl.a
à la station N07

19.

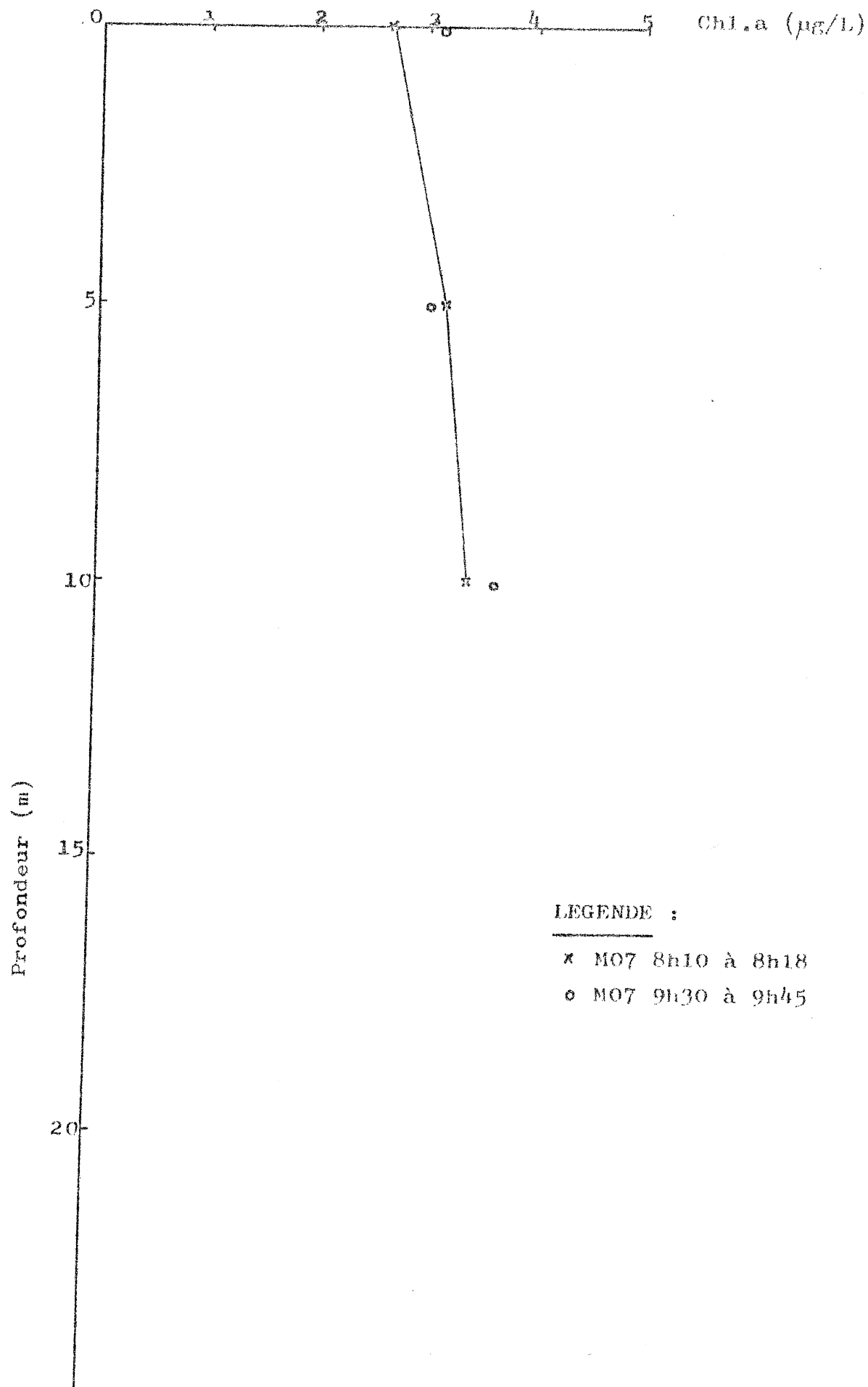


DIAGRAMME 7 : Variation de la concentration en Chl.a
à la station M07

19.

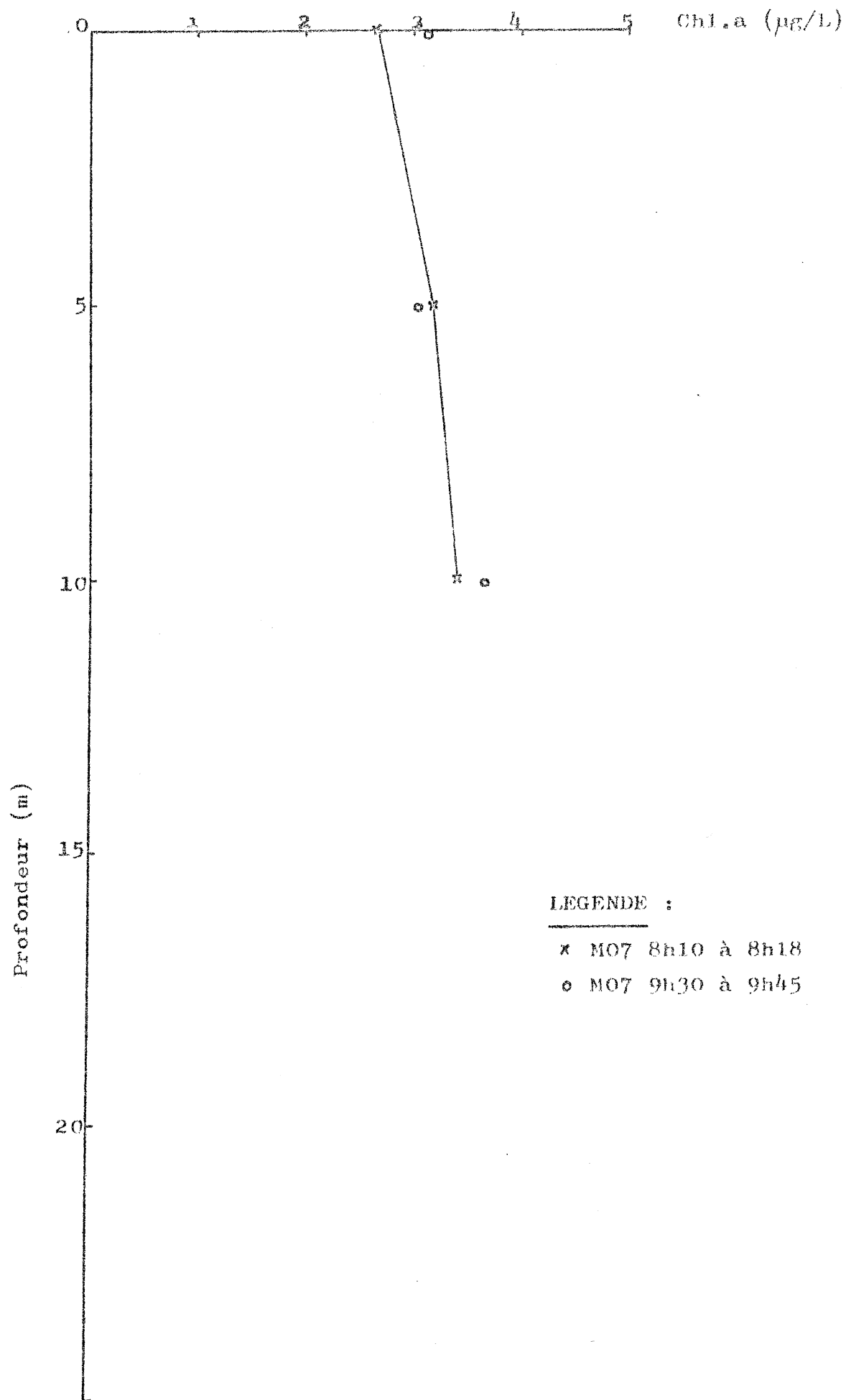


DIAGRAMME 8 : DIAGRAMME DES MOYENNES PONDEREES \bar{N} $\bar{N}=fct.d(miles)$

