

C.I.P.S.

Modèle Mathématique de la
Pollution en Mer du Nord

TECHNICAL REPORT
1973/BIOL.SYNTHESE 06

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

ESSAIS DE DOSAGE DU TAUX RESPIRATOIRE DU ZOOPLANCTON

EN MER DU NORD.

J.H. HECQ

Lab. Biol. Marine U.Lg.

1. Introduction.

La connaissance du taux respiratoire du zooplancton présente un grand intérêt par le fait qu'elle permet d'estimer le métabolisme de ce compartiment de l'écosystème pélagique et d'en déduire les valeurs de production secondaire.

Les valeurs de taux respiratoires du zooplancton que renseigne la littérature sont abondantes mais elles se rapportent à des études faites sur des animaux isolés de leur milieu.

Notre but est de rechercher une méthode permettant d'obtenir des taux respiratoires présentant un caractère global d'une part, et caractérisant l'écosystème in situ d'autre part.

2. Matériel et méthodes.

Le zooplancton est prélevé en surface au moyen d'un filet de 300 μ entraîné par le courant et pendant une durée de 20 à 30 minutes selon la vitesse du courant et l'abondance du plancton.

Le choix d'un maillage de 300 μ nous est imposé par le fait que seul du zooplancton doit être ramené dans notre filet. Si la plupart des nauplii de copépodes et les autres petites larves sont perdues, les adultes et les autres animaux du zooplancton représentent néanmoins la fraction la plus importante de la biomasse des herbivores.

Le contenu du collecteur (2L) est dilué dans 8 litres d'eau de mer prélevée au même endroit.

Des bouteilles BOD de 300 cc sont remplies de ce mélange de manière standard de sorte que la concentration en zooplancton soit aussi uniforme que possible dans toutes les bouteilles. Un certain nombre de bouteilles sera utilisé pour la numération des organismes. Les autres bouteilles sont placées dans un incubateur à l'obscurité et à la température de l'eau de mer pendant des temps croissants (généralement des périodes de 0, 3, 6, 9 et 24 heures) après lesquels la quantité d'oxygène restant est dosée par la méthode de Winkler (Strickland & Pearson).

3. Evolution de la respiration d'un échantillon au cours du temps.

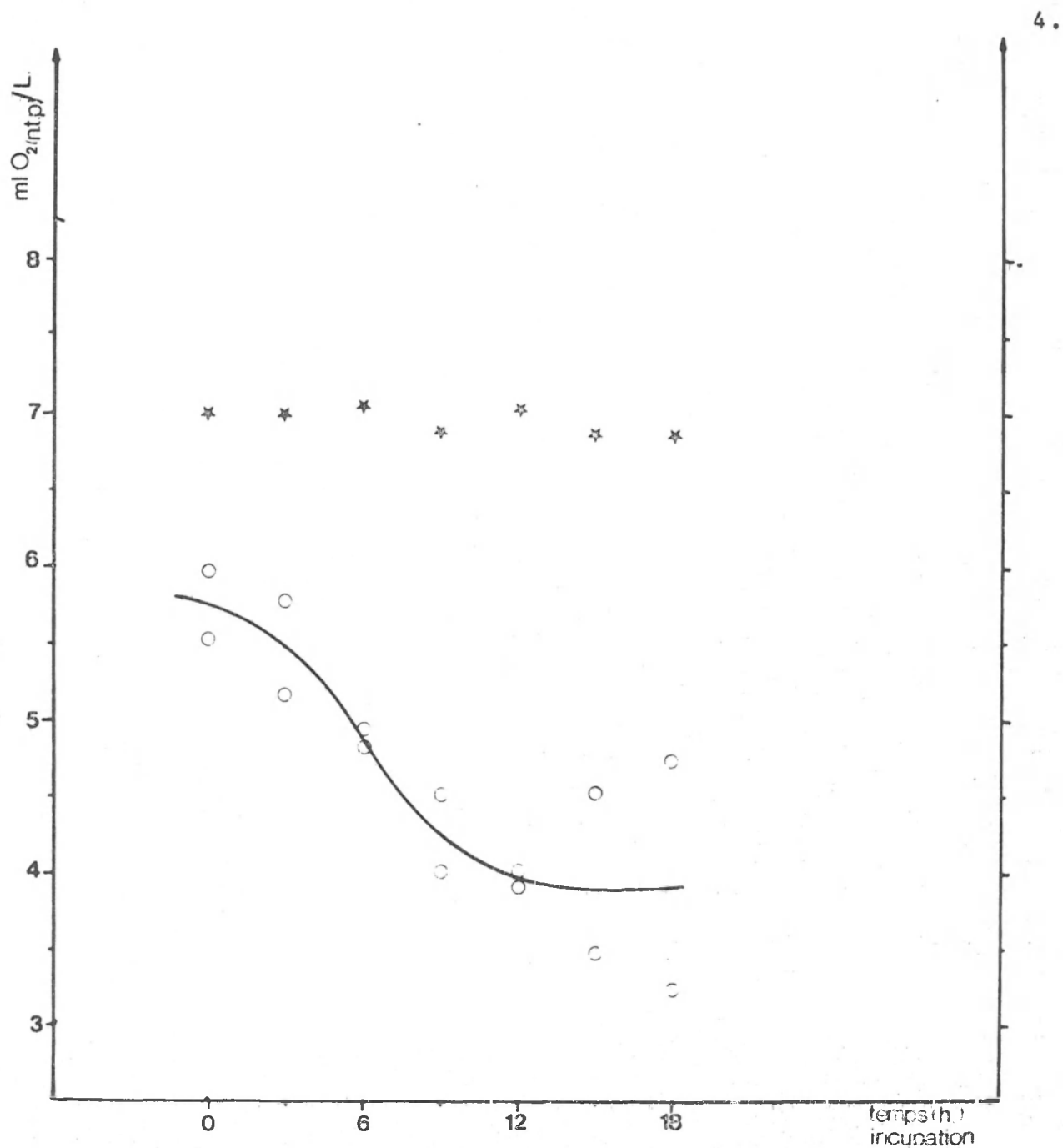
Cette série de mesures a été réalisée en hiver (30.01.73) à la station M06 ($t^{\circ} = 8^{\circ}\text{C}$).

Les incubations ont été réalisées pendant des périodes de 3 à 18 H. au moyen de matériel prélevé exceptionnellement sur filet de 150 μ et de l'eau de mer filtrée sur le même filet. Trois bouteilles ont servi à la numération des organismes (Tableau I).

Tableau I. Nombre d'individus par bouteille.

	I	II	III	$\bar{x}$
cténaires	4	-	7	2
spionidae	12	30	24	22
copépodes	815	620	695	710
chaetognathes	9	6	14	10
noctiluques	2490	2580	2710	2593
Total	3330	3236	3540	3335

Le bilan respiratoire est exprimé dans le Tableau II et sur le Graphique 1.



Graphique 1 : Variation de la concentration d'O₂ dans les bouteilles.

O : échantillon de zooplancton

* : eau filtrée.

Tableau II. Bilan respiratoire.

PLANCTON				EAU FILTREE		
Conc. en O_2 par bouteille $\mu l O_2/L$				Respir. $\mu l O_2/bout/3H$	Resp. $\mu l O_2/i/J$	Conc. en O_2 par bouteille $\mu l O_2/L$
	x_1	x_2	$\bar{x}$			
t_o	5521	5902	5712	97,5	0.23	7101
t_o+3H	5645	5130	5387	195	0.47	7101
t_o+6H	4614	4872	4743	174	0.42	7101
t_o+9H	3976	4368	4172	79	0.19	6996
t_o+12H	3976	3853	3914	-51	-0.12	7101
t_o+15H	3595	4558	4076	58	0.14	6996
t_o+18H	3080	4692	3886			6996

Les dosages opérés sur échantillons d'eau filtrée montrent que la consommation d' O_2 est négligeable, même après 18H.

La respiration des échantillons du plancton est régulière entre t_0 et $t_0 + 12H$; elle est maximum entre $t_0 + 3H$ et $t_0 + 6H$, et s'établit à $0.47 \mu l$ d' O_2 par individu et par jour ($= 0.25 \mu g C / i / j$). La respiration calculée sur les 9 premières heures est de $0.37 \mu l$ par individu et par jour ($= 0.20 \mu g C / i / j$) ; cette mesure sera appelée respiration initiale dans la suite de l'exposé.

La respiration totale, calculée sur 18H est de $0.22 \mu l$ d' O_2 par individu et par jour. ($0.12 \mu g C / i / j$).

On remarque qu'après 12 heures, la respiration diminue et tend à s'annuler.

x x x

Ce type de courbe amène à deux observations. D'une part, la haute valeur de la respiration en début d'expérience peut-être liée au fait que les animaux, fraîchement récoltés, sont en état de choc ou excités, ce qui augmenterait leur métabolisme. Cette valeur (Respiration initiale R_i) serait donc surestimée. D'autre part, la forte réduction de la respiration en fin d'expérience peut s'expliquer par divers facteurs tels que l'épuisement du milieu en O_2 , le mauvais état physiologique des animaux ou même la mortalité.

La valeur de la respiration totale serait donc sous-estimée. La valeur réelle de la respiration des organismes se situe donc entre ces deux valeurs extrêmes de R_i et R_t .

Remarque.

Une augmentation apparente de la quantité d' O_2 dans les dernières bouteilles ne peut s'expliquer à priori que par une réaction parasite des réactifs ou une interférence de la matière organique morte. Le phénomène ne s'observe du reste pas sur les témoins en eau filtrée.

4. Campagnes du printemps 1973 (mars à mai).

Les temps d'incubation utilisés pour ces mesures ont été de 9 et 18H.

A/ Expression des résultats.

1° Respiration par individu et par jour.

($\mu\text{l O}_2 / \text{i/j}$)

($\mu\text{g C} / \text{i/j}$)

Cette valeur exprime la respiration par individu en considérant que tous les animaux de l'échantillon ont la même taille et respirent de la même façon. Elle est surtout significative pour une communauté quasi monospécifique ou comprenant des animaux de régimes alimentaires semblables. Il faut tenir compte cependant d'une certaine surestimation de cette mesure; en effet, la respiration d'une partie du phytoplancton encore présent dans les bouteilles est affectée à ce taux individuel.

2° Respiration par m^3 et par jour.

Respiration des copépodes.

Au cours de cette croisière, les copépodes sont les herbivores les plus abondants. Les copépodes retenus dans notre filet de 300 μ et incubés dans nos bouteilles comprennent uniquement des adultes et des copépodites. La respiration par m^3 et par jour est obtenue en multipliant le taux respiratoire unitaire par le nombre de copépodes adultes et de copépodites obtenus par les comptages quantitatifs. (Bossicart 1973)

3° Expression des résultats en taux de carbone consommé.

En admettant que l'oxygène absorbé est utilisé pour l'oxydation des hydrates de carbone suivant l'équation :



on peut exprimer la respiration en mg de C respiré par jour. Cette unité est facilement utilisable dans les estimations du transfert d'énergie.

B/ Campagne de mars 1973.

Les mesures de respiration du zooplancton ont été réalisées dans la zone I et dans la zone II (le 26.03.1973).

La température était de 9°C environ.

Le Tableau III ci-dessous montre que la respiration initiale est plus forte en zone I qu'en zone II, alors que les respirations totales calculées sur 18H sont pratiquement identiques dans les deux zones.

Tableau III

Station	Ri	Rt	Ri	Rt	Resp. copépodes	
	$\mu O_2 / i / j$		$\mu gC / i / j$		Ri	Rt
					$mgC / m^3 / j$	
Zone I						
(Ostende)	4.91	2.91	2.65	1.57	1.2	0.7
Zone II						
M09	3.84	3.12	2.07	1.68	1.0	0.6

Les taux respiratoires observés au cours de cette campagne sont nettement plus élevés que ceux mesurés au mois de janvier alors que les écarts de température ne sont que de 1 à 1.2°C. Toutefois les taux respiratoires mesurés au mois de janvier concernent du plancton filtré sur 150 μ ; de plus, les noctiluques y étaient abondantes, ce qui pourrait causer une sous-estimation des résultats.

C/ Campagne d'avril-mai 1973.

Les mesures de respiration ont été réalisées de manière routinière aux 25 points du réseau.

La température d'incubation est de 10 à 12°C.

A cette époque, bien que les copépodes dominent dans le plancton, à certaines stations, les noctiluques peuvent atteindre 10.000 individus par bouteille.

De telles concentrations sont incompatibles avec une respiration normale; l'effet de groupe, la mortalité, la matière organique abondante faussant alors les résultats.

Nous n'avons tenu compte que des échantillons contenant moins de 2.000 individus par litre de filtrat,

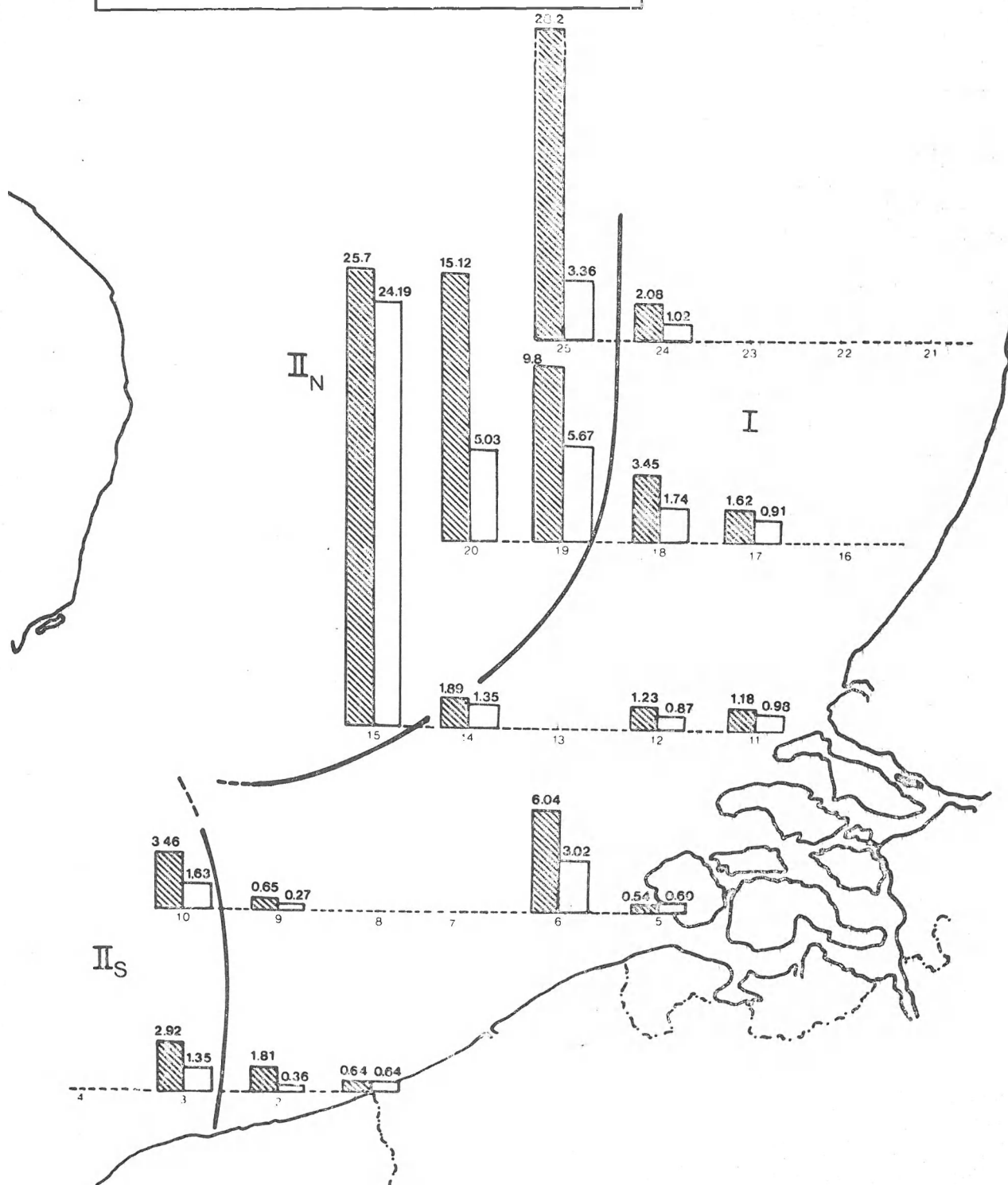
Les résultats sont rassemblés dans le Tableau IV et sur les cartes I et II.

Les valeurs de taux respiratoire individuel varient entre 0.6 et 56.4 $\mu\text{l O}_2/\text{i/j}$, ce qui donne des valeurs généralement plus élevées que celles de la littérature, du moins en ce qui concerne les copépodes présents en Mer du Nord.

Ex. *Acartia clausi* 0.8 - 1.4 $\mu\text{l O}_2/\text{i/j}$ 15°C
Centropages hamatus 1.7 - 3.4 $\mu\text{l O}_2/\text{i/j}$ 10°C
Centropages typicus 4.3 - 6.9 $\mu\text{l O}_2/\text{i/j}$ 17°C

(Marshall and Orr).

Croisière AVRIL MAI 1973

Respiration en μgC par individu et par jourR. initiale $\square$ R. totale $\square$ 

Croisière AVRIL MAI 1973

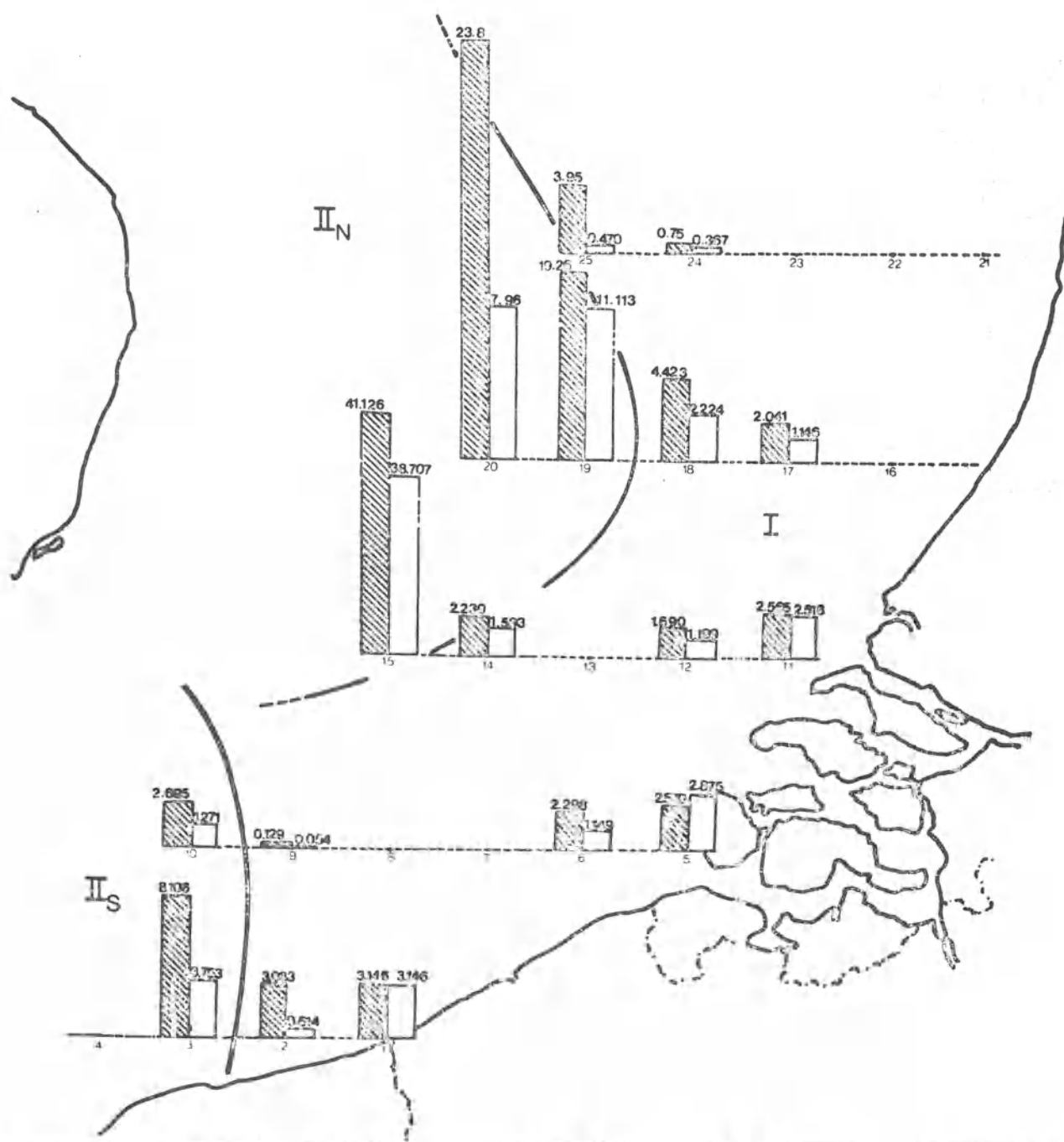
Respiration des copépodes par mètre cube
en mgC par metre cube et par jour.R. initiale 
R. totale 

Tableau IV

Station	Ri $\mu\text{gC}/\text{i}/\text{j}$	Ri $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{j}$	Rt $\mu\text{gC}/\text{i}/\text{j}$	Rt $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{j}$	nombre de copépodes/ m^3
M01	0.64	3.15	0.64	3.15	4940
M02	1.83	3.08	0.36	0.61	1700
M03	2.92	8.11	1.35	3.75	2780
M05	1.18	5.63	0.60	2.88	4760
M06	6.04	2.29	3.02	1.15	380
M09	0.65	0.13	0.27	0.05	200
M10	3.46	2.69	1.63	1.27	780
M11	1.18	2.56	0.98	2.14	2180
M12	1.23	1.69	0.87	1.20	1380
M14	1.89	2.23	1.35	1.59	1180
M15	25.70	41.13	24.19	3.71	1600
M17	1.62	2.04	0.91	1.15	1260
M18	3.45	4.42	1.74	2.22	1280
M19	9.80	19.26	5.67	11.11	1960
M20	15.12	23.80	5.03	7.96	1580
M24	2.08	0.75	1.02	0.37	360
M25	28.20	3.95	3.36	0.47	140

Variation spatiale du taux respiratoire.

Les résultats ont été regroupés selon leur affinité avec la zone côtière ou la zone du large, cfr. Tableaux V et VI.

La distribution est la même, selon que l'on considère la respiration individuelle ou la respiration par m^3 , sauf pour le point 25.

Tableau V.

Respiration en $AgC/i/j$

Valeur moyenne aux différentes zones.

	Zone I St.1,2,5,9,11 12,14,24,17	Zone II _N St.15,19,20,25	Zone II _S St.3,10	Stat.18 transition	Stat.6
Ri	$\bar{x}=1.29$	19.71	3.19	3.45	6.04
	$\sigma=\pm 0.59$	± 8.71	± 0.38	—	—
Rt	$\bar{x}= 0.78$	9.56	1.49	1.74	3.02
	$\sigma=\pm 0.34$	9.80	± 0.19	—	—

Tableau VI.

Respiration en $\mu\text{gC}/\text{m}^3/\text{j}$.

Valeur moyenne aux différentes zones.

	Zone I St.1, 2,5,6, 11,12,14,17, 24,25	Zone II N St.15,19,20	Zone II S St.3,10	Stat. 18 transition	Stat. 6
Ri	$\bar{x} = 2.43$	28.06	5.40	4.42	0.129
	$\sigma = \pm 0.87$	± 11.54	± 3.83	—	—
Rt	$\bar{x} = 1.51$	13.23	2.51	2.22	0.054
	$\sigma = 1.01$	± 12.16	± 1.75	—	—

La distribution en zones I, II et II correspond à peu près au schéma classique tracé lors des études qualitatives du réseau; certains points ont dû être séparés pour leur caractère intermédiaire entre zones ou à cause de leur aspect exceptionnel. Dans la zone I (cfr. cartes), les taux respiratoires moyens individuels correspondent à des valeurs comprises entre 1.29(Ri) $\mu\text{gl}/\text{i}/\text{j}$ et 0.78(Rt) $\mu\text{gC}/\text{i}/\text{j}$. Ces résultats sont semblables aux valeurs de la littérature pour des eaux tempérées à cette époque de l'année (Marshall et Orr ; Cushing ; Petipa et alii).

Dans la zone II Nord et de manière moindre dans la zone II Sud, le taux respiratoire individuel moyen atteint des valeurs 10 à 20 fois plus élevées qu'en zone I. Il est difficile d'interpréter cette différence à l'heure actuelle, d'autant plus que la part

de la respiration du phytoplancton tel que les *Phaeocystis* peut avoir induit une surestimation des résultats.

Le taux respiratoire de copépodes par m^3 et par jour présente les mêmes différences.

x x x

Comparaison taux respiratoire et taux d'assimilation.

Les résultats de Carbone (x) respiré de la zone I ont été comparés avec les résultats de C assimilé calculés par N. Polk-Daro et M. Bossicart.

Ces auteurs ont calculé le C assimilé par les copépodes et par m^3 sur la base de taux individuels moyens des copépodes adultes et des copépodites (Graphique 2).

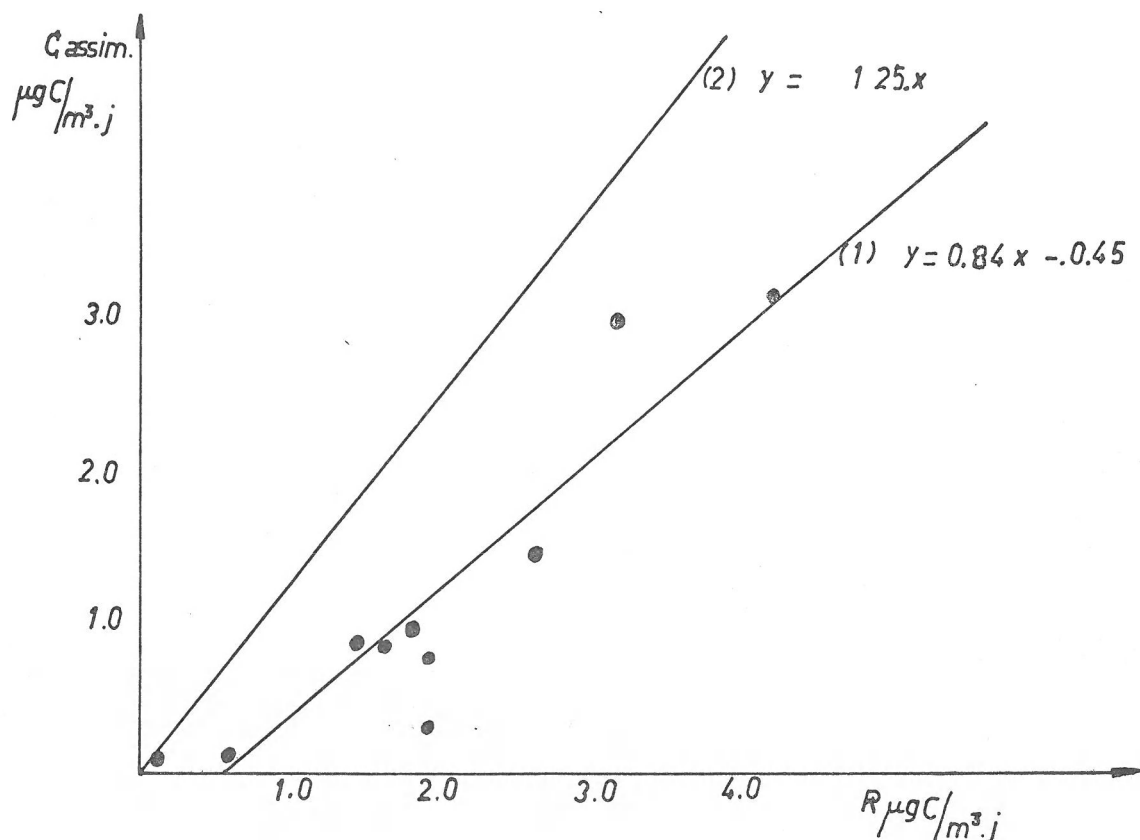
Cette comparaison montre que les taux respiratoires observés dans nos expériences excèdent de 20% environ les valeurs de C assimilé.

En fait, d'après les travaux de Petipa, Pavlova et Mironov en Mer Noire sur des communautés d'herbivores épiplanctoniques, la respiration vaut les 80% de l'assimilation.

Nos valeurs sont donc surestimées de 40% par rapport à cette respiration théorique.

Nous ne sommes pas encore en mesure de comprendre cette surestimation. Il se peut cependant qu'elle soit due, nous l'avons signalé, à l'effet parasite de la respiration du phytoplancton.

(x) Le taux respiratoire moyen a été utilisé, c'est-à-dire la moyenne de R_i et R_t .



Graphique 2. Régression entre le carbone assimilé (valeurs communiquées par Daro-Polk) et la respiration des copépodes.

- (1) droite de régression observée (coeff. de corrélation 0.91 niveau de confiance < 0.001).
- (2) droite de régression calculée d'après les résultats de Petipa, Pavlova et Mironov pour les herbivores épiplanctoniques. Dans ce cas, la respiration représente les 80% du carbone assimilé.

Comparaison du taux respiratoire et de la production primaire.

Le taux respiratoire moyen ($\frac{R_i + R_t}{2}$) est comparé avec les valeurs de productivité primaire mesurés par J.P.Mommaerts (Tableau VII)

Tableau VII. Résultats zone I.

Station	Prod. prim. mgC/m ³ /H	Respiration des Copépodes mgC/m ³ /H
01	17.87	0.13
02	1.81	0.07
05	33.59	0.17
06	38.64	0.07
09	3.77	0.01
11	22.96	0.09
12	6.69	0.06
14	0.70	0.08
17	12.59	0.06
24	2.03	0.02

Dans la zone I, les dépenses énergétiques dues à la respiration des copépodes sont généralement inférieures à 1% de la production primaire ; en admettant que la production des herbivores est de 20-30% de la respiration (Petipa et alii), ceci nous amène à considérer un rendement production de ces herbivores par rapport à la production primaire extrêmement faible.

Conclusions.

Les tentatives de mesure du taux respiratoire du zooplancton *in situ* permettent de tirer les conclusions suivantes.

- La respiration du zooplancton est nettement plus élevée dans les 12 premières heures d'incubation et tend à s'annuler après 18 heures. Ceci nous oblige à tenir compte d'une respiration initiale et d'une respiration totale ; la respiration réelle se situe entre les deux limites.
- Les mesures de respiration en janvier, mars et avril-mai montrent une variation du taux respiratoire au cours de cette période, la respiration étant cinq à dix fois plus élevée au printemps qu'en hiver.

En avril-mai, les valeurs des taux respiratoire individuel et par m^3 pour les copépodes sont constantes et voisines de celles de la littérature pour une large bande côtière, alors que ces valeurs de taux sont nettement plus élevées dans la zone du large.

- Une comparaison des taux respiratoires mesurés et des valeurs de Carbone assimilé calculés par Polk-Daro montrent dans la zone I une corrélation entre ces deux valeurs avec un excès de 20% de la respiration, alors que l'on devrait s'attendre à un déficit de 20%.

Cette surestimation de 40% nous amène à devoir conclure à l'existence d'une autre fraction planctonique respirant dans les bouteilles et que nous avons attribué au zooplancton.

Il sera nécessaire de rechercher ce facteur dans nos recherches ultérieures.

Par contre, la comparaison entre les valeurs de respiration en zone I et celles de la production primaire indique un rendement très faible production herbivore-production primaire au cours du mois d'avril-mai.

BIBLIOGRAPHIE.

- BOSSICART ,1973 , Zooplancton , Croisière 02 1973 (18-4 au 3-5 1973)
- BOSSICART-POLK-DARO , 1973 , Zooplancton, Rapport de Synthèse 1973. .
- MARSHALL & ORR , 1962 , Food and Feeding in Copepods, ICES Rapports et Procès-Verbaux, Vol. 153, pp.92-98.
- MOMMAERTS (1973) , Production Primaire en Mer du Nord , 1973.
- PETIFA, PAVLOVA, MIRONOV , 1970, The Food web structure, utilisation and transport of energy by trophic levels in the planctonic communities, in "Marine Food Chains" , Edit. J.H. STEELE.
- STRICKLAND & PEARSONS , 1963 , A practical handbook of seawater analysis, Fish Research Board of Canada, Bull. 167.
- WINBERG , 1971 , Methods for the Estimation of Production of Aquatic Animals , Academic Press, London.