

C.I.P.S.

MODELE MATHEMATIQUE
DE LA POLLUTION EN MER DU NORD.

TECHNICAL REPORT
I97I/OI:BIOL.I

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

PRODUCTIVITE PRIMAIRE

par

MM. MOMMAERTS & JOIRIS

Laboratorium voor Ekologie en Systematiek-V.U.B. (Prof. POLK)

I. Productivité potentielle et productivité intégrée.

On a conçu deux nouveaux programmes de calcul et de présentation des données : POTENTIAL PRODUCTIVITY (POT.PR.) et INTEGRATED PRODUCTIVITY (INT.PR.) respectivement issus des programmes CARBON et PRODUCTIVITY. Ces programmes utilisent les mêmes arrangements de data. On a recalculé les résultats de la croisière zéro dans les nouvelles unités.

A. Productivité potentielle

- 1/ L'intérêt direct de mesures de productivité faites sur des échantillons exposés à un traitement standard d'incubation in vitro est de permettre la comparaison de différentes masses d'eau et d'en déduire certaines informations sur la distribution horizontale et verticale des populations phytoplanctoniques et nanoplanktoniques, informations qui reflètent elles-mêmes la localisation, les potentialités ou l'état de pollution éventuel de ces masses d'eau.
- 2/ Si on combine ces données avec des résultats relatifs au standing crop on peut en extraire la notion de productivity index. En effet des variations de la productivité pour une même quantité de phyto plancton (en unités chlorophylle a par ex) peuvent indiquer un lieu d'altération des caractéristiques de l'environnement.

Exemple :

Station	Ordre de grandeur chlorophylle a (x)	Pot. Prod.	Indice POT PR chloro- phylle a
MO1 23017I	2,5	3,9	1,5
MO2 28017I	8	2,6	0,3
MO3 30017I	2	3,6	1,8
MO4 31017I	1	1,9	1,9
MO5 02027I	2,7	2,3	0,8
MO6 04027I	2,4	3,5	1,4
MO7 05027I	2,6	4,6	1,7

(x) Technique Report I97I/O:Biol.2 VAN BEVEREN & HOUVENAGHEL.

Les indices de 0,3 (Embouchure de l'Escaut) et dans une moindre mesure de 0,8 (Large de Dunkerke) sont peut-être fort significatifs. On attend de nouvelles données sur les teneurs en chlorophylle des expéditions suivantes.

Ici deux remarques s'imposent néanmoins :

- a) Pour que cet indice soit calculable, il faut qu'au moins un des prélèvements pour analyse de chlorophylle soit fait simultanément avec le prélèvement pour productivité primaire. Le principe de cette simultanéité (temps et profondeurs) avait été admis dès avant les premières croisières, mais a été abandonné unilatéralement dès la première croisière.
- b) Il conviendrait de faire la différence entre chlorophylle "vivante" et la chlorophylle "morte". A notre connaissance aucune détermination de phaeophytines n'avait été faite. De sorte que l'explication de l'indice de productivité bas pour la station 2 à l'embouchure de l'Escaut pourrait tout simplement être qu'il y a surestimation de la quantité de chlorophylle à cause de la présence d'une grande quantité de détritus (chlorophylle morte) dans l'eau, chose par ailleurs fort vraisemblable pour l'Escaut à cette époque de l'année.

II. DISCUSSION DES RESULTATS.

A. Productivité potentielle.

1/ D'une croisière à l'autre on peut suivre l'évolution du niveau général de productivité. Du point de vue des biologistes la connaissance de l'évolution saisonnière est intéressante. Malheureusement cette première année les croisières furent organisées à des intervalles fort variables et en des lieux différents; il n'est guère possible à l'heure actuelle de connaître cette évolution.

Cruise 0 (janvier-février) de 1.97 à 4.62 mgC/m³/h moyenne : 3,2.
 Cruise 1 (juin-juillet) de 1.71 à 21.82 mgC.m³/h moyenne : 7,7.
 Cruise 2 (août-Septembre) de 2.63 à 33.95 mgC/m³/h moyenne : 12,3.

2/ D'un point à l'autre : l'examen des cartogrammes permet de déceler des groupes de points où la productivité est sensiblement plus importante. Ces points sont situés au voisinage des côtes. En outre, les proportions relatives microplancton-nannoplancton semblent assez révélatrices. Des proportions fort semblables pour des points voisins indiquent vraisemblablement qu'il s'agissait de la même communauté phyto planctonique (ce qui pourra se vérifier à partir des données du Professeur LOUIS).

On peut ainsi, pour la croisière 1, isoler le groupe des stations 1,5 et 6 du groupe des stations 2, 7, 8, 12, 13, 14. Il semble exister en outre une masse fort différente plus au large selon la ligne des stations 3, 9 et 15. De la même manière, et de façon beaucoup plus frappante, on distingue deux grands groupes de points lors de la croisière 2 : stations 16, 17, 18, 21, 22, d'une part et stations 19, 20, 23, 24, 25 d'autre part.

3/ Au même point : en plus de la surface, des échantillons sont prélevés à des profondeurs correspondant à des niveaux d'irradiance de 10%, 1% et éventuellement 50% et 25%. On avait pu constater que la distribution verticale était assez homogène au cours de la croisière zéro, ceci étant sans doute dû au mélange des eaux à cause du mauvais temps.

Lors des croisières I et 2 on observe que : presque à toutes les stations la productivité potentielle des couches les plus profondes est plus grande que la productivité en surface. Ceci peut révéler deux choses : - ou bien il y a plus de phytoplancton en profondeur, ou bien l'inhibition de la photosynthèse en surface observée maintes fois avec des incubations in situ, se maintient malgré le changement de conditions. Ce serait un exemple de rythme endogène dont on cherche à éviter l'interférence en cherchant un moment de prélèvement fixe. Les résultats de chlorophylle et de comptage permettront de préciser ce point.

B. Productivité intégrée.

Il y a nivellement des différences de productivité par rapport à la productivité/m³. Le tableau ci-dessous permet de juger de l'importance du facteur transparence aux différents points.

Stations	Niveau moyen de Pot.Pr.	Profondeur ou irradiance= I%	Int.Pr.
6	25	2	793
9	3,5	20	1.205
7	13	12	2.526
I	23	2	789
4	3,5	13	1.036
2	4	10	737
3	4,5	14	1.037
5	19	3	856
8	5	16	1.136
II	5	10	655
I2	3,5	16	889
I3	3,5	21	1.160
I4	5	22	1.704
I5	2,5	24	966
I6	30	7	3.224
I7	15	14,5	3.305
I8	30	9	4.150
I9	6	14	1.130
20	6	20	1.711
25	3	22	953
24	2	26	743
23	7	14	1.232
22	16	10	2.210
21	50	5	3.271

Comparées aux données de la littérature, les valeurs de productivité calculées par nous pour ces périodes de développement phytoplanctonique important restent du même ordre de grandeur :

Steel 1956 : 200 à 1.000 mgC/m²/jour pendant l'année pour la Mer du Nord (bilan du phosphore).

Steel 1957 : 100 à 1.500 mgC/m²/jour avec le C-14

Postma et Rommet (1970) : 1.500 mgC/m²/jour en avril dans la Wadden Zee.

D'autres zones en général plus productives, comme la Mer du Japon, montrent des productivités de 2.000 mgC/m²/jour en mai (Sorokin, Coblenz-Mishke 1958). On a observé jusqu'à 4.000 mgC/m²/jour près de la côte S.W. d'Afrique (Steeman Nielsen 1954). Il est donc parfaitement possible d'observer des valeurs supérieures à 2000 mgC/m²/jour au voisinage d'une zone aussi riche que le delta de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin.

C. Le nanoplancton.

\bar{m} Les rapports nanoplancton-microplancton ne varient guère avec la profondeur de sorte qu'ils se retrouvent inchangés dans les résultats de productivité intégrée.

- Les observations de la croisière zéro (le nanoplancton est surtout côtier) ne se confirment pas tout à fait lors de la croisière I et certainement pas lors de la croisière 2. Il reste intéressant de connaître les zones où il domine car le cycle des éléments biogènes doit vraisemblablement y être plus rapide.

- Nous n'écartons pas la possibilité que le nanoplancton vrai soit inexistant dans les cas où la productivité du microplancton est très largement dominante. En effet quelques diatomées filamenteuses peuvent toujours passer verticalement au travers de l'étamine servant à fractionner les échantillons.

- La comparaison du rapport microplancton-nanoplancton d'une station à l'autre permet peut-être de mettre en évidence des masses d'eau particulières (voir § II.A.2).

- On souhaiterait que le même fractionnement de tailles puisse être fait en ce qui concerne la chlorophylle a, pour que l'on puisse calculer les potentiels photosynthétiques des 2 types de phytoplancton.

- A la station 9 on a noté une productivité du nanoplancton supérieur à la productivité totale. Ceci pourrait s'expliquer soit par une erreur de manipulation non connue de nous, soit par la présence de zooplancton dans l'échantillon non préfiltré (Ce qui, par ailleurs, peut être employé comme une mesure de grazing-effect, aurait ici faussé le résultat).

III. CONCLUSIONS ET REMARQUES GENERALES.

A. Ajoutes ou modifications du programme "PRODUCTIVITE PRIMAIRE" à bord.

1. Productivité potentielle.

Ce genre de mesure est assez simple et a donné de bons résultats. On essaiera d'éviter la non-duplication des échantillons dans la mesure du possible. Une cadence plus rapide que 1 station par jour rend cependant le travail de duplication pénible.

2. Productivité intégrée.

A côté du calcul théorique de cette productivité, il nous semble intéressant de procéder à des mesures in situ qui nous permettraient de travailler sur des résultats concrets, et ce, malgré les erreurs nouvelles que cette technique entraîne (voir discussion dans la première partie du rapport). Une solution intermédiaire et correcte pour les eaux de surface est l'incubation à la lumière du jour dans un bac fixé en un endroit dégagé du navire. La connaissance de l'énergie radiante est nécessaire pour le calcul du transfert d'énergie. Il faudra donc prévoir un équipement actinométrique à bord. Les expériences de photométrie dans l'eau se poursuivent et donneront lieu à un rapport séparé.

B. Modifications d'autres programmes.

En ce qui concerne la Productivité Primaire, il semble aller de soi que la mesure de paramètres aussi liés que la chlorophylle devrait être simultanée (dans les 5 minutes) sinon faite sur le même échantillon. En effet, on a vu tout l'intérêt d'une détermination du "productivity index". Il serait également intéressant de procéder à des fractions de taille du phytoplancton et enfin, il nous semble important de déterminer la part de chlorophylle vivante et de la chlorophylle détritique. D'un point de vue plus général, il faut souligner qu'il sera difficile de trouver des corrélations entre les paramètres biologiques et chimiques s'il n'y a pas de coordination intelligente des prises. Une telle coordination devrait trouver son origine dans une discussion générale des scientifiques directement concernés.

C. Répercussions sur la marche du navire.

- I/ Nous avons vu que l'impératif de prendre les échantillons pour la Productivité Primaire au milieu du jour peut limiter la cadence des opérations et ce, sans que l'on puisse beaucoup y remédier, (sinon en prélevant une seule maille sur deux).
- 2/ Des expériences d'incubation in situ n'immobiliseraient pas le navire pour une période beaucoup plus longue que précédemment (normalement en station de 10 à 18 h).
- 3/ L'hypothèse de suivre une masse d'eau est séduisante mais comporte ses propres aléas (voir discussion dans première partie du rapport). Il nous semble par contre intéressant de pouvoir rester pour une plus longue période en station (par ex. une semaine) pour déterminer avec précision les amplitudes des divers paramètres pour les divers états de marée qu'on peut observer en un même point. Des mesures suivies au cours d'un cycle de 24 heures s'inscrivent bien dans ce schéma.

D. Possibilités de discussion scientifique et de travail à bord.

Certains problèmes (voir (B)) auraient trouvé une solution plus rapide si les scientifiques responsables des programmes se trouvaient de manière régulière à bord. Certaines observations fort simples ne peuvent jamais être discutées puisque les personnes ne sont pas les mêmes. De sorte que le programme conçu au début risque de n'évoluer que fort lentement au rythme des assemblées générales (par ailleurs trop rares). De la même manière, la présence à bord d'une bibliothèque (traités fondamentaux et littérature du mois) ainsi que les résultats complets des croisières précédentes, pourrait servir de support à des discussions ou des travaux constructifs.

REFERENCES CITEES DANS LE RAPPORT.

- DOTY, M.S. & OGURI, M., 1957. Evidence for a photosynthetic daily periodicity. *Limnol. & Oceanogr.*, 2, pp. 37-40.
- NIELSEN, E. Steeman, 1954. On organic production in the oceans, *J. Conseil Expl. Mer*, 19, p.309.
- POSTMA, H. et ROMMETS, J.W., 1970. Primary production in the Waddensea. *Neth. Jour. Sea Res.*, 4, pp.470-493.
- SOROKIN, Y.I. et COBLENZ-MISHKE, O.Y., 1958. Primary production in the sea of Japan and the Pacific near Japan in spring, 1957. *Doklady Akad. Nauk S.S.S.R.*, 122, p.1018.
- SOURNIA, A., 1967. Rythme nycthéral du rapport "intensité photosynthétique/chlorophylle" dans le plancton marin. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 125, pp.1000-1003.
- STEEL, J.H., 1956. Plant production on the Fladen ground. *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, 35, p.1, 1957. A comparison of plant production estimates using ^{14}C and phosphate data. *Jour. Mar. biol. Ass. U.K.*, 36, p.233.

ANNEXE AU RAPPORT PRODUCTIVITE PRIMAIRE(Cruises I & 2)

J.P. Mommaerts et Cl.Joiris.

On avait mentionné dans notre rapport (et cela a été souligné lors de la réunion générale du 7 octobre 1971) que certaines corrélations étaient difficiles à faire suite à la non-coordination des prélèvements pour détermination de la chlorophylle et pour mesure de la Productivité Primaire.

Il ne nous semble cependant pas difficile de trouver une solution pratique à ce problème.

Compte-tenu des possibilités d'analyses respectives (le prélèvement pour chlorophylle se fait plusieurs fois au cours de la station et l'expérience C-I4 ne peut se faire qu'une fois par jour seulement), l'alternative est la suivante:

- 1/ Qu'un prélèvement de chlorophylle supplémentaire et aux profondeurs caractéristiques (100%, 10% et 1% d'irradiance) soit fait au moment du prélèvement pour productivité primaire. Il est à remarquer que les prélèvements du Professeur LOUIS se font de cette façon.
- 2/ Qu'un certain risque de distortion des résultats soit accepté et que le prélèvement des échantillons pour productivité primaire se fasse à l'étale de marée la plus proche de l'heure méridienne.

Nous inclinons pour la seconde solution puisqu'elle simplifie le problème pour la majorité des participants du programme de recherche de la CIPS, notamment ceux qui sont chargés du traitement mathématique global des données.

Nous rappelons une des conclusions de notre rapport, à savoir que ce genre de problème trouverait vraisemblablement une solution fort rapide si des possibilités réelles de discussion entre scientifiques étaient ménagées (présence effective des responsables à bord, par exemple).

