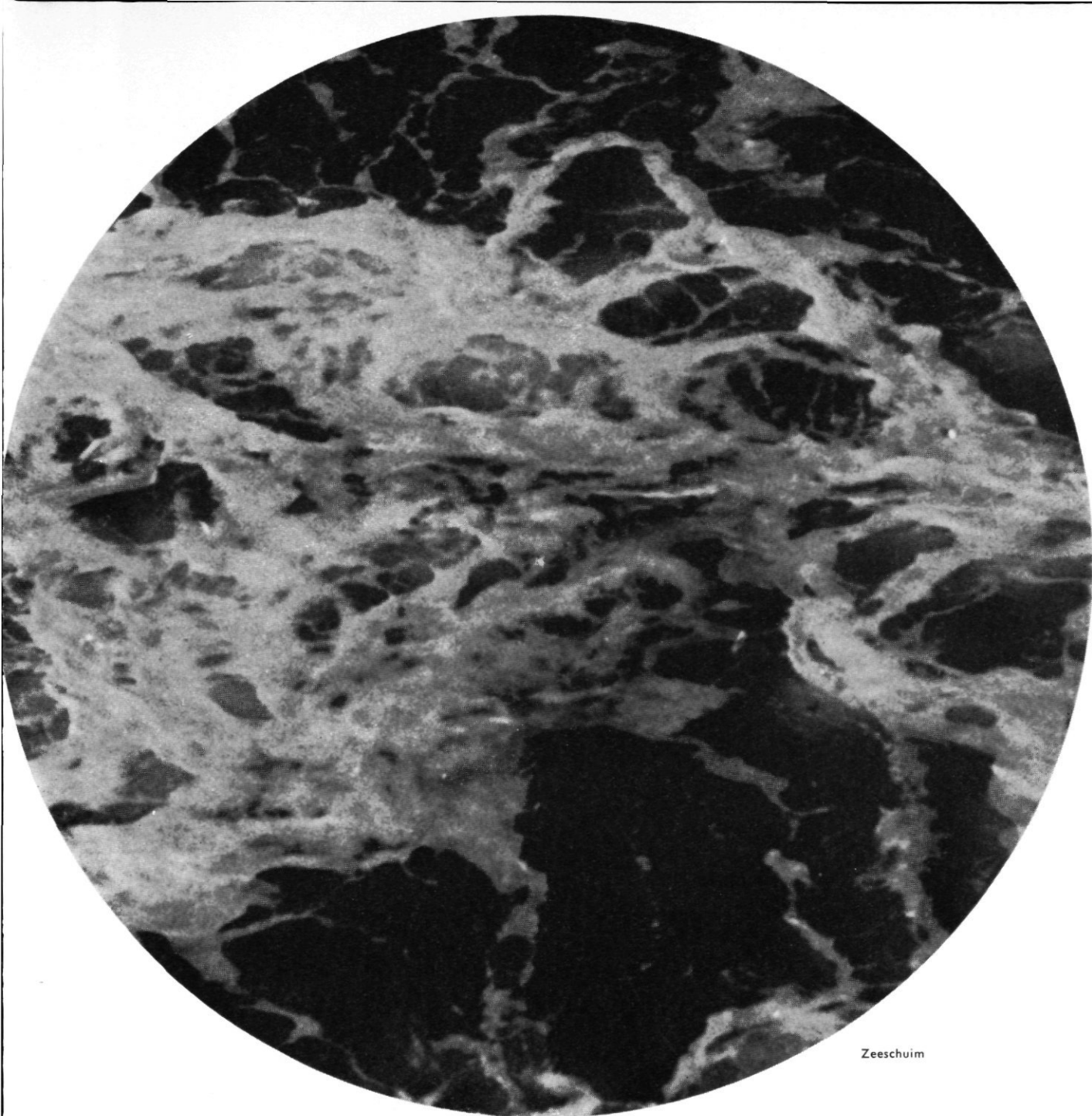


DE VOEDSEL- Ketting

Guy Lacroix

Voor wie met een verstrooide blik het lossen gadeslaat in een moderne visserhaven, kan de zee voorkomen als een onuitputtelijke bron van exploiteerbare rijkdommen, waaruit men tot in het oneindige kan putten, vermits een wonderbaar en geheimzinnig regelingsmechanisme het verstoorde evenwicht telkens weer schijnt te herstellen. Voor de beroepsvisser daarentegen, die dagelijks het wel en wee van tijdelijke of langere duur beleeft van de buit die hij bovenhaalt, is de zee vooral de bron van uiterste gevoelens. Alleen de herinnering aan de vette dagen en het hunkeren naar hun terugkeer slagen erin de ontmoediging van de eindeloos magere dagen te milderen. Voor de ekoloog is de zee vóór alles een reusachtig bedrijf waarin talrijke en van mekaar verschillende levende wezens welbepaalde

funkties hebben en waarvan de balans moet kunnen uitgerekend en zelfs voorzien worden. In dit perspectief, dat meer bij de baat betrokken is dan dit van de gelegenheidsvaarner, en toch meer onthecht dan dit van de visser, onderkent de zee-ekologie, me dunkt, drie hoofdtaken. Deze zijn: 1) het verlenen van een eenzelligheidskaart aan die levende wezens; 2) hen een beroep toekennen binnen natuurlijk stelsel dat de zeehydrosfeer is; 3) overgaan tot de operationele analyse van hun aktiviteit, hun beroepsrendement schatten en de meest invloedrijke onder hen uitzoeken. Zelfs al hebben de laatste honderd jaar het mogelijk gemaakt aanzienlijke vorderingen te noteren in de identifikatie van de zeeorganismen, wij blijven er niettemin van overtuigd dat hun juiste plaatsbepaling in het



Zeeschuim

planten- en dierenrijk op het programma moet blijven prijken van de biologische studie van de zee. Want bepaalde taxonomische groepen blijven, hoewel soms duchtig bewerkt, nog onvoldoende gekend. Het erkennen van de functie(s) van deze organismen in hun milieu maakt slechts sinds enkele jaren het voorwerp van doorgedreven studies uit. De minder recente, bijna steeds kwalitatieve, werkzaamheden leverden echter menige zeer nuttige informatie over de gemeenschappelijke soorten en kunnen als basis dienen voor de uitwerking van vruchtbare werkhypotesen. Ten slotte is de gedetailleerde schatting in kwantitatieve termen van de relaties, die tussen de levende wezens zelf bestaan, alles bij elkaar nog in het beginstadium.

Deze laatste twee taken, waarvan het

uiteindelijke doel is de wetten te ontdekken die de omvorming van de materie en de energie beheersen in de mariene voedselketting, zijn door hun omvang en hun complexiteit, een echte uitdaging voor de wetenschappelijke methode. In deze uiteenzetting zullen wij niet trachten een syntese te maken van al de tot op heden bekomen resultaten, maar de elementen leveren die ons essentieel lijken voor het begrijpen van het dikwijls ontmoedigend lijkend werk dat de zee-ekoloog op zich nam.

DE BRON VAN ALLE MARIENE LEVEN : DE ZON

In de zee, zowel als op de grond, vinden wij aan de basis van elke vitale produktie een plantaardige produktie,

een door de groene planten verrichte scheikundige syntese, uitgaande van koolzuurgas en opgeloste anorganische zouten, zoals de koolstofhydraten, de proteïnen, de oliën en de vetten. De zeeplanten, bewerkers en eindprodukt van deze syntese, zijn, met uitzondering van de grote oeverwieren - zoals de Laminariales en de Fucalen - voor het grootste gedeelte mikroskopische, eencellige en drijvende wieren, wier geheel voor de ekologen het fytoplankton uitmaakt.

Om deze syntese te verwezenlijken is een energetische inbreng vereist welke het zeewater zelf niet kan leveren. De zon, bron van alle aardse leven door haar lichtuitstralende energie, bezorgt ook aan de wieren van het marien fytoplankton de nodige energetische inbreng. Door de opslorping mogelijk te maken van de zonne-

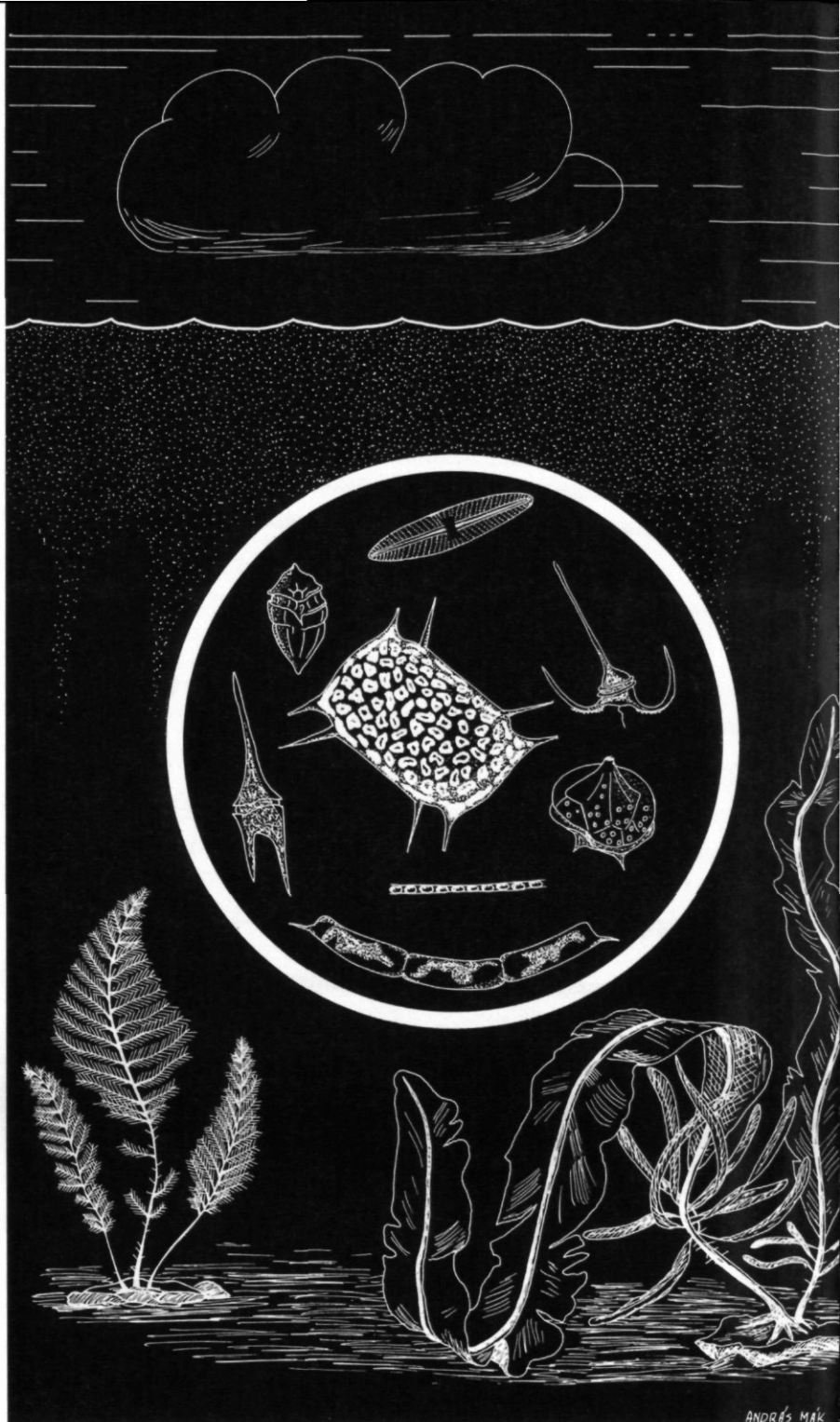
uitstralingen zal de chlorofyl van deze wieren - een ware katalysator - de reactie mogelijk maken, zodat de mariene syntese der organische stoffen ook een fotosynthese is.

Al de zonneuitstralingen, die wij op de aarde opvangen, kunnen niet in de wieren binnendringen voor de fotosynthese. Enkel de uitstralingen die begrepen zijn in het zichtbaar gedeelte van het spektrum, hetzij ongeveer de helft van de zonneuitstralingen, worden door de chlorofyl opgeslorpt. Zo wij rekening houden met de verliezen door weerkaatsing aan het wateroppervlak, verliezen door diffusie of opslorping op de rondzwevende niet-plant-aardige deeltjes, komen wij tot het besluit dat slechts een gering gedeelte van de zonne-energie (bij benadering 10%), welke aan de oceaanooppervlakte komt, effectief bruikbaar is voor de fotosynthese.

Daar het doordringen van het licht afhangt van de doorzichtigheid van het water, neemt de lichtintensiteit met de diepte af. Aangezien de zeeplanten een belangrijk gedeelte van de opgeslorpte energie aanwenden om de adembehoeften te voldoen, moet men vaststellen dat de opgeslorpte energie, vanaf een bepaalde diepte, onvoldoende zal zijn om tegelijkertijd in te staan voor het voldoen aan de syntesevereisten en aan die van de ademhaling. Er werd overeengekomen de naam kompensatiepunt of -diepte te geven aan de diepte waar evenwicht bestaat tussen de produktie van organische stoffen door syntese en de door de ademhaling veroorzaakte energetische verliezen.

De kompensatiediepte varieert naargelang de soorten, maar ook naargelang de breedtegraad. Aldus schat men dat de kompensatiediepte voor de tropische wateren op bijna bestendige wijze op ongeveer 100 meter ligt, terwijl zij zich voor de wateren in de gematigde en noordelijke streken, waarvan de troebelheid groter en veranderlijker is, van 25 tot 50 meter uitstrekt, naargelang de soorten, de streek en het seizoen. In de meer woelige en bijgevolg minder doorzichtige kustwateren is de kompensatiediepte dikwijls op minder dan tien meter gelegen. Zo is de waterlaag, waarin de fotosynthetische activiteit voorkomt, betrekkelijk dun.

Terwijl de grote zuinigheid, waarmee de lichtgevende energie in de zee verspreid is, beperkte grenzen oplegt aan de initiale produktie van organische stoffen, kunnen andere factoren tussenbeide komen en soms wel op nog meer dramatische wijze. Zelfs wanneer de lichtgevende energie ruim voldoende is, kan de mariene fabriek van fotosynthese slechts functioneren wanneer de grondstof - koolzuurgas en voedende zouten - in een behoorlijke concentratie aanwezig is. De zee verrijkt zich - alhoewel langzaam - regelmatig met koolzuurgas en deze substantie vormt geen beperkende faktor. De situatie ligt anders voor de voedende zouten - voornamelijk fosfaten en nitraten - die zich slechts in



Hierboven — In de zee berust de verantwoordelijkheid voor de fotosynthetische activiteit bij de Thallofyten, die vertegenwoordigd worden door - met het blote oog zichtbare - makroskopische kustwieren en door mikroskopische zee-wieren. De makroskopische wieren meten gewoonlijk meer dan 2 of 3 centimeter, terwijl de mikroskopische wieren (langs de binnenkant van de cirkel) nog geen millimeter groot zijn. Om de grootte van deze laatste te kennen, gebruikt men trouwens het mikron (1/1000 millimeter) als eenheidsmaat.

Rechts boven — In de natuurlijke stelsels zowel als in de mechanische gaat elke overdracht van energie gepaard met een min of meer aanzienlijk verlies. In de verschillende etappen van de produktie en van het vervoer van elektrische energie net zoals op de verschillende trofische niveaus van de mariene voedselketting - zonne-energie, fytoplankton, plantenetters, primaire en secundaire vleeseters - wordt de energie afgetakeld. De hier afgebeelde hypotetische grafiek toont de geringe doelmatigheid aan van de aanwending van zonne-energie in de mariene voedselketting en het betrekkelijk belang van de energetische verliezen die te wijten zijn aan de ademhaling gedurende heel het transformatieproces.

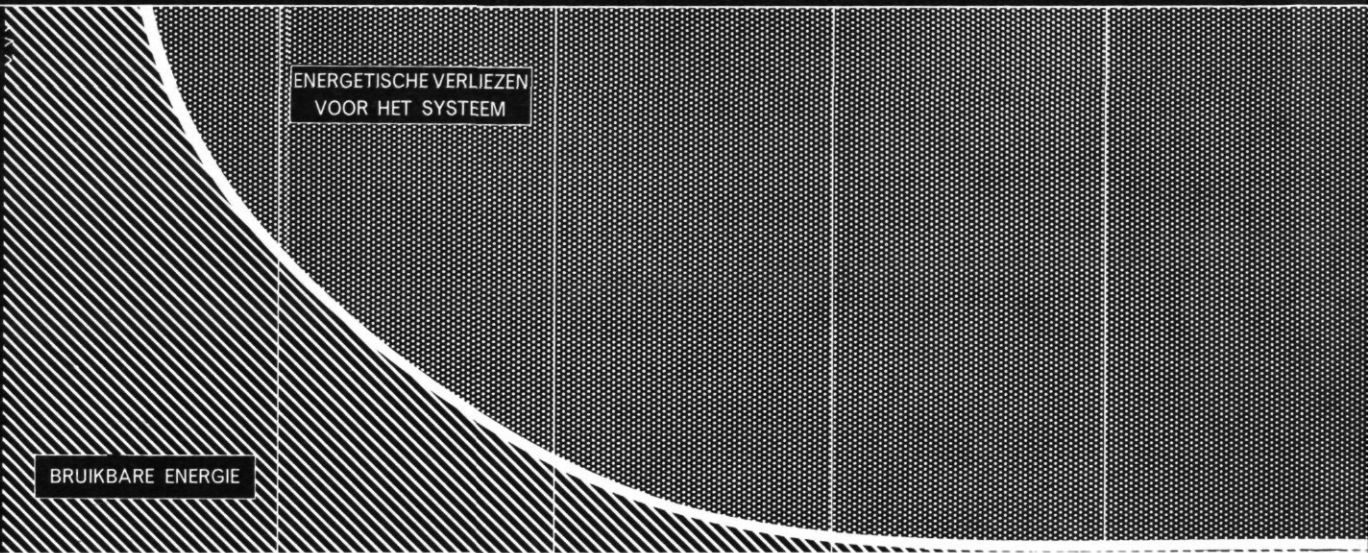
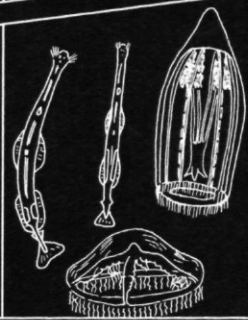
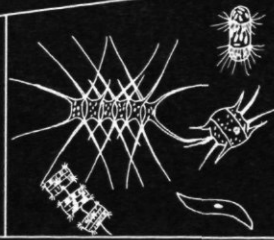
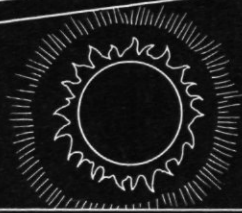
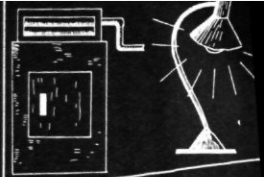
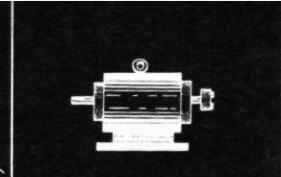
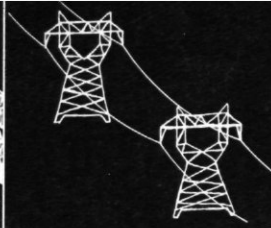
Rechts onder — Enkele planten- en vleeseters. De *Calanus* (1) weet zich met mikroskopische wieren te voeden dank zij zijn maxillen (2), die met zeer fijne angels uitgerust zijn. De zeven van de *Oikopleura* (3 en 4) maken deel uit van zijn weefsels. - Eén der typische aanpassingen der vleeseters is wel de ontwikkeling der werktuigen voor het vastgrijpen der dierlijke prooien. Bij de *Sagitta* (5) gebeurt dat met sterke haken (6), terwijl, de jonge larve van de *Scomber scombrus* (Makreel) reeds van grijptanden voorzien is (7 en 8).

Geschatte grootte der afgebeelde dieren :

Calanus : 4 - 5 mm ; *Oikopleura* : 10 - 12 mm ; *Sagitta* : 20 mm ; *Scomber* : 10 mm.

(Detail van de *Oikopleura* getekend naar Hardy, 1956)

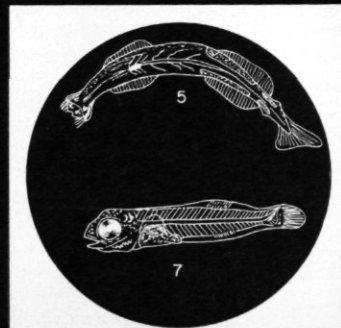
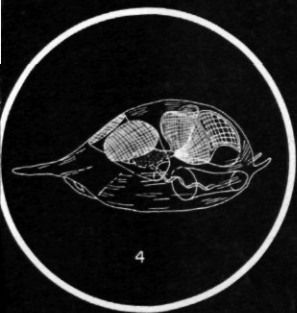
Onuitgegeven illustraties van de hand van de h. András Mak, tekenaar van het Station voor Zeebiologie van Grande-Rivière - Québec, Canada.



PLANTENETERS



VLEESETERS



zeer geringe concentraties in het zeewater bevinden. Men beweert dat een vruchtbare grond tot 0,5 % stikstof kan bevatten terwijl het rijkste zee-water er slechts 0,00005 % van zou bezitten. In feite bevatten enkel de diepe waterlagen zoveel stikstof, daar waar de fotosynthetische activiteit, bij gebrek aan lichtgevendende energie, uitzonderlijk gering, indien al niet onbestaande, is. De geringe voedende zoutconcentraties van de oppervlaktewateren worden dus trapsgewijze uitgeput naarmate de Diatomeeën en de Dynofyceen - voornamelijk eencellige zeevieren - zich vermenigvuldigen en groeien. Welnu, wanneer men weet dat hun vermenigvuldiging, enkel door deling, van uur tot uur (en misschien zelfs in bepaalde gevallen van minuut tot minuut) nieuwe generaties voortbrengt en dat men niet zelden in één kubieke meter water miljoenen cellen van hun populatie telt, dan kan men zich voorstellen met welk ritme de enkele tientallen milligram nitraten en de enkele milligram fosfaten, die gewoonlijk per kubieke meter in het zeewater voorkomen, kunnen gebruikt worden. Het uitputten van nitraten en fosfaten geschiedt in feite zeer snel tenzij het verarmde water ten gevolge van een voldoende intensieve verticale menging, vervangen wordt door een van diepere lagen afkomstig rijker water. Zelfs in die omstandigheden is het evenwicht broos, want een te sterke verticale menging kan massa's eencellige wieren tot onder de compensatiediepte brengen en zo ten dele het voordeel te niet doen van de verrijking met fosfaten en nitraten.

Alles is dus een kwestie van dosering, en de ideale combinatie licht/fosfaten/nitraten doet zich nooit voor. Dit verklaart waarom het jaarlijks produktiegemiddelde van fytoplankton ongeveer 120 gram koolstof per vierkante meter bedraagt in de weinig verlichte wateren der gematigde streken en slechts 30 gram voor de beter verlichte wateren der Tropen.

MINUSKULE DOCH TALRIJKE OP DE ZEEWEIDEN GRAZENDE PLANTENETERS

Deze massa's fytoplankton - de totale jaarlijkse produktie zou bij de 500.000 miljoen ton bedragen - vormen een rijk weiland. De scheikundige analyse wijst op een hoog gehalte aan proteïne (40-50 %) en veranderlijke doch verhoudingsgewijs belangrijke concentraties van koolhydraten (20-40 %) en lipieden (20-25 %). Planteneters, waarvan de meeste minder dan één centimeter lang zijn, zullen uit dit evenwichtig dieet de vereiste energie halen voor hun instandhouding, hun aangroei en hun voortplanting. Deze planteneters zijn organismen met gering zwemvermogen, welke passief in de stromingen afdrijven. De ekoloog plaatst ze in een groot geheel dat alle zeedieren groepeerd die onbekwaam zijn de stromingen, waarin zij zich

bevinden, te overwinnen: het zoöplankton. Al de hoofdafdelingen van het dierenrijk zijn in het zoöplankton vertegenwoordigd: Protozoa, Coelentera, Artropoden, Weekdieren, enz. Bepaalde groepen treft men er slechts voorlopig aan in de vorm van eieren, larven en jongen. Dit is onder andere het geval bij een groot aantal Vissen, Stekelhuidigen en Tienpotige Schaaldieren.

Deeltjes, die zo klein zijn als de cellulaire wieren en trouwens min of meer verspreid zijn in de watermassa, kunnen niet door de gebruikelijke vangmethoden ingenomen worden. Daarom wenden de planteneters van het zoöplankton dan ook het enige in dit geval doeltreffend procédé aan, de filtrering. De filtratiemethoden kunnen complex en zeer doelmatig zijn zoals die van de Appendiculaires van het genre Oikopleura, die ertoe in staat zijn in één uur een watervolume te verplaatsen dat verscheidene malen groter is dan hun eigen omvang. Er komen andere minder geraffineerde aanpassingen voor, zoals die gespecialiseerde maxillen die met hun zeer fijne en min of meer dicht ingeplante borstelharen bepaalde wieren kunnen vasthouden en te grote deeltjes weghouden. Dit type van zeef is kenmerkend voor Schaaldieren zoals de planteneterende Tienpotigen van het genre Calanus, die in het zoöplankton van verscheidene zeeën van de wereld dikwijls een overheersende fraktie uitmaken. Bij analyses van het zoöplankton der gematigde en noordelijke streken komt het niet zelden voor dat men meer dan 100.000 individuen per kubieke meter zeewater telt. De hoeveelheid door deze organismen gefiltreerd water, en bijgevolg de wieren die zij innemen, is geweldig, wanneer men bedenkt dat een Calanus minimum 70 ml water per dag moet filteren om aan zijn essentiële behoeften te voldoen.

De doelmatigheid waarmee de potentiële energie, welke het fytoplankton vertegenwoordigt, aangewend wordt door de planteneters, is niet gemakkelijk te achterhalen. Er werden hoge assimilatievoeten genoteerd - 70 tot 80 % bij de Calanus -, maar het energetische verlies door de ademhaling moet wel 80 % bedragen. Over verscheidene zeer belangrijke planteneters bezitten wij slechts zeer fragmentarische inlichtingen en men mag veronderstellen dat deze leemten slechts langzaam zullen aangevuld worden wanneer men alle moeilijkheden in acht neemt die onafscheidelijk met deze analyses verbonden zijn: snelheid der verteringsprocessen, mogelijke dieetwijzigingen volgens de leeftijd, het type en de hoeveelheid beschikbaar voedsel, enz.

EEN OVERVLOED VAN DE MEEST DISPARATE VLEESETERS OP LOER NAAR PLANTENETERS.

De eerste schakels van de trofische mariene ketting - zonne-energie / fytoplankton / zoöplankton planten-

eter - zijn betrekkelijk eenvoudig en kunnen het voorwerp uitmaken van een kwantitatieve analyse die rekening houdt met de voornaamste energie-overdrachten. Talrijke en meer en meer precieze studies hebben trouwens de weg geopend tot het gebruik van wiskundige modellen die reeds behoorlijk juiste ramingen mogelijk maken. Deze helderheid vindt men echter niet terug op de volgende niveaus, waar de verwickelingen in een ontstellend ritme toenemen. De relaties - die waarvan wij het bestaan afweten - tussen de organismen raken zodanig in mekaar verstrikt dat het zelfs onmogelijk wordt er een volledige en samenhangende grafische illustratie van te maken. Het klassieke onderscheid tussen de primaire vleeseters, verbruikers van planteneters, en de secundaire vleeseters is van geen groot nut om deze knoop te ontwarren. In de eerste groep kunnen wij vlees-etende Tienpotigen aantreffen die nauwelijks groter zijn dan de plantenetende Tienpotigen waarover wij hoger spraken, doch tevens Walvissen van 25 meter. De Makreel, de Haring en de Sardijn zijn eveneens primaire vleeseters, net zoals de IJshaai. In de tweede groep is de dispariteit eveneens aanzienlijk. Vermelden wij hier bij wijze van voorbeeld een Vis, de Kabeljauw, een Vogel, de Jan van Gent en een Zoogdier, de Rob.

Deze verscheidenheid is een grote hindernis wanneer men de balans wil opmaken inzake de aanwending der organische materie en der energie die in de planteneters vervat zijn. Men moet dan rekening houden met de massa en de afmetingen der individuen van elke groep, hun potentieel aan ingestie en assimilatie, hun respectief ademhalingspeil, de kwaliteit en de hoedanigheid van hun uitwerpselen. Vermits verscheidene van deze vleeseters daarenboven actieve trekkers zijn, biedt een spatiaal zeer beperkte studie aanzienlijke moeilijkheden. Maar het is vooral het bestaan van talrijke secundaire schakels die de toestand meer verward maakt en de interpretaties minder scherp omlijnd. De Haring, de Chaetognathe Sagitta en de Zeekwal Aglantha jagen alle drie op Tienpotige planten- en vleeseters. De Zeekwal Aglantha kan de Chaetognathe Sagitta aanvallen die op haar beurt zal opgepeuzeld worden door de Haring. De Haring is eveneens verbruiker van de Euphauside Thysanoessa, net zoals de Kabeljauw die de Haring opeet. Dergelijke "uitzuiveringen" doen zich in bijna alle voedselrelaties, welke plaatshebben op de trofische verdieping der vleeseters, veelvuldig voor. Vermits er bij elke energieoverdracht soms aanzienlijke verliezen zijn, wordt de energie, des te minder doelmatig gebruikt, naarmate de ketting langer en ingewikkelder wordt.

In dit opzicht kan de mens, een andere vleeseter, die voedsel haalt uit de zee, niet immer op een zeer rationele gedragslijn bogen. De Noordamerikaan, die de Kabeljauw boven de

Haring verkiest, neemt een spijs tot zich waarvan de energetische kostprijs zeer hoog ligt. Slechts geleid door economische principes zou de mens het voorbeeld moeten volgen van de Blauwe Walvis en de planteneters rechtstreeks exploiteren. De Blauwe Walvis van de zuidpool voedt zich inderdaad met de Euphauside Euphausia superba, die rechtstreeks op het fytoplankton graast, maar de mensen zijn er nog niet in geslaagd een filtermekanisme te ontwikkelen dat zo renderend is als dit van de baardwalvissen.

DE DOOD, EEN ESSENTIELE AKTIVITEIT

Niettegenstaande de schijnbare doelmatigheid van de "zeeroverij" en het groot aantal "rovers" in de zee worden niet al de levende organismen die er zich in bevinden door de planten- of vleeseters opgegeten. De natuurlijke dood, te wijten aan ongunstige fysische kondities of aan voedselgebrek, is een komponent van de werkelijkheid in de zee net zoals op het land. De overblijfselen van planten of van dieren dalen min of meer langzaam tot op de bodem en ondergaan dan talrijke omvormingen. De grootste kringen worden aangevallen door de bodemongewervelden die ze, in hun rol van ruimdienst geheel of gedeeltelijk opeten. De Krabben, de Garnalen en de Kreeften worden gerangschikt onder de dieren die zich van deze functie kwijten. De kringen van kleinere afmeting, zoals die van de organismen van het fytoplankton en van het zoöplankton, zullen het eetmaal uitmaken van andere benthische Ongewervelden, de filtreerders, zoals de Amfipoden, de Balanen, de tweeschalige Weekdieren, de Kokerwormen (Serpulidae) of de Bladurnen. Ten slotte zullen de kringen, die nog vrij tot op de bodem zijn terechtgekomen of de overblijvende deeltjes die onderweg niet opgegeten zijn, in de dolende Polycheten of de Holothuriën een koper vinden. Maar gedurende dit ganse akelige sedimentatieproces zullen andere organismen in actie treden om er een absoluut essentiële functie uit te oefenen, de ontbinding. De bacteriën, aan wie deze rol is toebedeeld, zijn in aanzienlijk aantal in de zee aanwezig, maar zij zijn niet erg gelijkvormig verspreid. Terwijl de oppervlaktewateren er ongeveer 500 per milliliter zeewater zouden bevatten, zouden de sedimenten werkelijk hun koninkrijk kunnen zijn met populaties ter grootte van 900,000,000 per gram. Men heeft trouwens uitgerekend dat één gram afval tot 5 biljoen bacteriecellen kan bevatten. Hun overvloed schijnt dus nauw verbonden te zijn met de overvloed van de organische stof.

Door zich, vooral in de diepe lagen, op de dierlijke en plantaardige weefsels te werpen, geven de bacteriën aan het zeewater de anorganische zouten terug, met name de fosfaten en de nitraten, waarvan wij de taak in de

**De mens,
die zich terecht
fier gevoelt
omdat hij zich
op de top
van de organische
produktie-
pyramiden weet,
mag niet vergeten
dat hij,
wanneer hij
de hulpbronnen
van de zee
aanwendt,
volledig
afhankelijk is
van de zon en
de zeebacteriën,
waarop hij
geen enkele vorm
van controle
kan uitoefenen**

fotosynthese onderlijnd hebben. Zij zijn verantwoordelijk voor de opeenhoping, in de onder het kompensatiepunt gelegen wateren, belangrijke concentraties van voedende zouten waarvan de terugkeer aan de oppervlakte verzekerd zal worden door de verticale menging. Men kan hun belang niet beter uitdrukken dan door Pasteur aan te halen: "Zonder hen zou het leven onmogelijk worden, omdat het werk van de dood onvolledig zou zijn". Om de voedingscyclus ter zee rond te maken kan men twee andere, onlangs aan de bacteriën toegekende taken niet stilzwijgend voorbijgaan. Zij zouden in het voedsel terecht komen van verscheidene filtrerende Ongewervelden die afvalstoffen verorberen welke dragers zijn van grote hoeveelheden bacteriecellen. De enzymen van het verteringskanaal van deze Ongewervelden zouden de vertering ervan mogelijk maken. Anderzijds zouden verscheidene bacteriestammen vitamine B12 en analoge samenstellingen voortbrengen die geschikt zijn om de vruchtbaarheid der zeeën te beïnvloeden.

DE EINDBALANS

In wat voorafgaat hebben wij gezien dat het zeer moeilijk was stap voor stap de organische stofomvormingen in de mariene voedselketting te volgen. Wij beschikken over betrekkelijk juiste methoden om de produktievoet van plantaardige materie of primaire produktiviteit te meten, maar in al de volgende gevallen - planteneters, primaire en secundaire vleeseters - moeten wij er ons mede tevreden stellen de voorraad organische stoffen op een gegeven ogenblik te meten en van daaruit vertrekkend min of meer precieze interpolaties te maken om de produktievoet te schatten. De kennis van de produktievoeten is essentieel om te oordelen over de vruchtbaarheid van een watermassa en om er een dag-, seizoen- of jaarbalans van op te stellen. Zo zijn de tot nog toe gedane pogingen min of meer realistisch, min of meer verkeerd, want verscheidene in de berekeningen verwerkte waarden zijn afgeleid. Het blijft echter interessant kennis te nemen van deze voorlopige balansen, al was het maar om ons ertoe aan te zetten de kennis, welke ons thans ontbreekt, te verwerven. In deze optiek heeft de Amerikaanse oceanograaf K.O. Emery getracht een balans op te stellen voor de wateren van het zuiden van Californië. De jaarlijkse produktie van fytoplankton voor deze wateren wordt geschat op 42 miljoen ton (droog gewicht) en die van de makroskopische wieren op 1,7 miljoen ton, zodat de totale plantaardige produktie 44 miljoen ton bedraagt, wat een doeltreffende en produktieve aanwending van slechts 0,18 % van de zonne-energie betekent. De jaarlijkse produktie van het zoöplankton zou 3,400,000 ton, hetzij 7,5 %, bedragen van de jaarlijkse produktie fytoplankton. Emery heeft

eveneens berekend dat de jaarlijkse produktie van al de vissen (0,1 miljoen ton, droog gewicht) slechts gelijk staat met 3 % van de produktie zoöplankton en met 0,2 % totale produktie fytoplankton. De zeezoogdieren voegen jaarlijks slechts 300 ton toe aan de biomassa en de benthische Ongewervelden 1,5 miljoen ton, hetzij 3,4 % van de totale plantaardige produktie. Dergelijke balans, die waarschijnlijk in grote trekken juist is, toont ons aan dat het natuurlijke mariene systeem eveneens aan de tweede wet van de thermodynamika onderworpen is, die wil dat elke spontane omvorming van energie in potentiële energie nooit 100 % doelmatig kan zijn. Indien wij de initiale zonne-energie - welke in het systeem dringt, onder ogen nemen, moeten wij vaststellen dat de doelmatigheid van de energetische overdrachten uitzonderlijk gering is, aangezien de verliezen op alle omvormingsniveaus aanzienlijk is. De verloren energie is reddeloos verloren voor de organismen, zodat de zonnemechanismen bestendig opnieuw moet op gang brengen. In tegenstelling tot de energie, circuleert de materie in het marien ekosysteem, achtereenvolgens van plantaardige weefsels omgevormd in dierlijke weefsels en van dierlijke weefsels in afval, in een opeenvolging van soms zeer complexe gebeurtenissen. Maar de cirkel wordt eerst gesloten door tussenkomst van oneindig kleine wezens, de bacteriën, die in het stelsel opnieuw de voedende zouten zullen brengen welke er voorlopig uit verwijderd waren.

De mens, die zichzelf natuurlijk fier op de top van de pyramide der organische produktie ziet staan, moet zich herinneren, wanneer hij de hulpbronnen van de zee gebruikt, dat hij totaal afhankelijk is van de zonnemacht en van de zeebacteriën, waarop hij nochtans geen enkele vorm van controle uitoefent. Hij zal dan beter zien dat bepaalde flagrante vergissingen - radioactieve bezoedeling en overexploitatie van bepaalde zeesoorten - niet bepaald blijken geven van intellectuele vooruitgang.

Geraadpleegde werken

- EMERY, K. O. (1960): *The sea off Southern California*. New York: John Wiley and Sons, Inc., pp. 1-366.
- HARDY, A. (1956): *The open sea. Its natural history, part I, The world of plankton*. London: Collins, pp. 1-335.
- HARVEY, H.W. (1955): *The chemistry and fertility of sea waters*. Cambridge: University Press, pp. 1-224.
- OPPENHEIMER, C.H. (editor) (1963): *Symposium on marine microbiology*. Springfield, U.S.A.: C.C. Thomas, pp. 1-769.
- RAYMONT, J.E.G. (1963): *Plankton and productivity in the oceans*. Oxford: Pergamon Press, pp. 1-660.
- ROMANOVSKY, V.C. Francis-Bœuf et J. Bourcart (1953): *La mer*. Paris: Librairie Larousse, pp. 1-502.