

# oceanografie

nr 15 / September 1964 / Oceaanwetenschap

Deze publikatie kwam tot stand dank zij de medewerking van onderstaande personaliteiten, vermeld in de volgorde waarop hun artikels gepubliceerd werden:

Dr. E. LELOUP

Doctor in de Zoölogische Wetenschappen  
Laboratoriumdirekteur aan het Koninklijk Instituut  
voor Natuurwetenschappen van België  
Expert bij de Europese Organizatie  
voor Economische Samenwerking (E.O.E.S.)

Dit nummer werd onder zijn leiding samengesteld

Dr. J.M. PÉRÈS

Professor aan de Fakulteit der Wetenschappen van Marseille  
Direkteur van het Zeestation van Endoume  
en van het Oceanografisch Centrum

Dr. R. MONTEQUI

Professor aan het Spaans Instituut voor Oceanografie

Dr. L. VAN MEEL

Assistent aan het Koninklijk Instituut  
voor Natuurwetenschappen van België

Dr. J.H. FRASER

Lid van het Ministerie van Landbouw  
en Visserij voor Schotland

Dr. W. ADAM

Laboratoriumdirekteur aan het Koninklijk Instituut  
voor Natuurwetenschappen van België  
Professor aan het Instituut  
voor Tropische Geneeskunde van Antwerpen

---

BP review

wordt gepubliceerd door BP Belgium n.v.  
Jan van Rijswijcklaan 162, Antwerpen

Alle briefwisseling betreffende "BP review"  
dient gericht aan de Public Relationsdiensten  
van BP Belgium n.v.  
Jan van Rijswijcklaan 162, Antwerpen

Verantwoordelijke uitgever: E. ALLEBE  
Mechelsesteenweg 245, Antwerpen

Hoofdredakteur: Marcel BEAUFAYS

De omslag is een ontwerp van  
Piet Serneels die eveneens  
de typografische lay-out van dit nummer verzorgde  
Lees verklarende nota op bladzijde 3 van het omslag

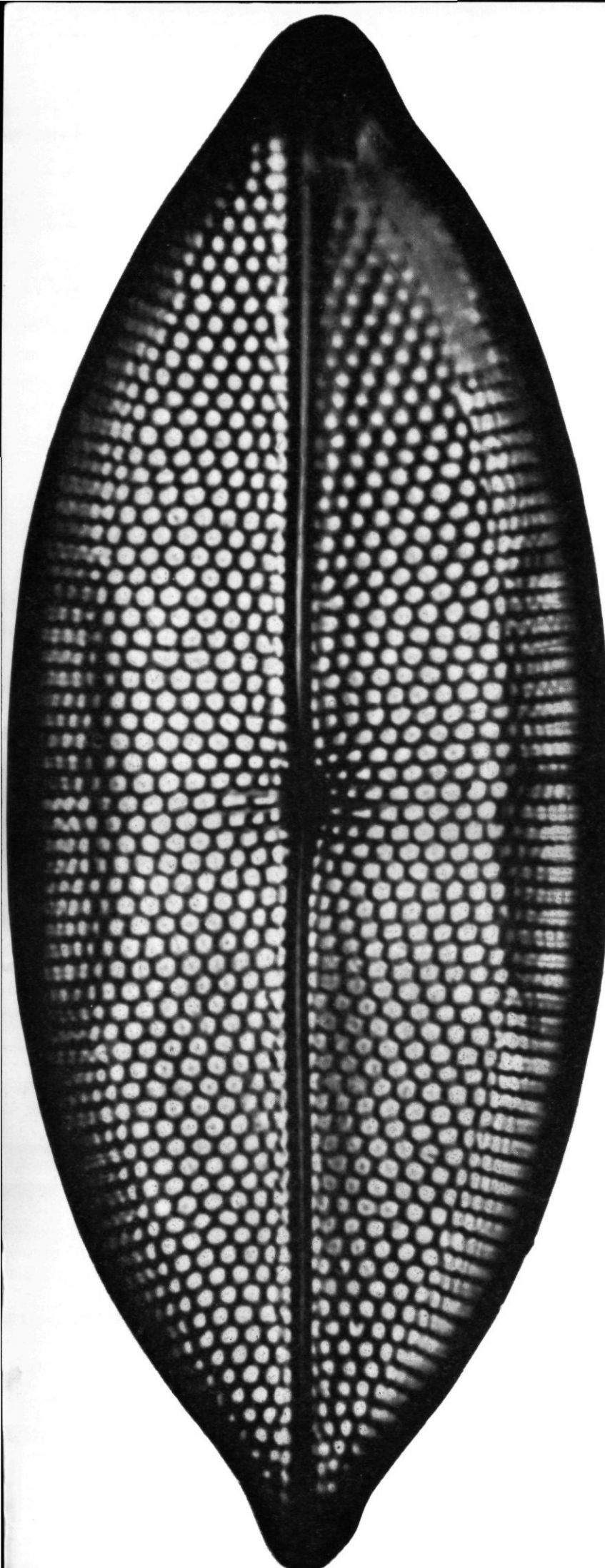
Fotogravure De Schutter

Drukkerij E. Stockmans & C° n.v.

Edition française sur demande

---

Veterwier (*Chorda filum*) bij lage tij op het zand (Bron: "La vie étrange des rivages marins" door Ed. Le Danois, blz. 60. Foto: Cl.Y. Le Danois)





"...De zee ligt stil, door haar geweld als uitgeput; en door de ruimte die het onweer kuiste, en over het doorweekte zand sliert zachtjes een vochtig windeken..." (uit "Gudrun" van A. Rodenbach)

## DE ZEE

### De meest intense van alle levenshaarden

De ware rijkdom van de zee ligt in het verbazende leven dat haar over heel haar uitgestrektheid en tot in de eindeloze diepten bezielt. De valleien, de vlakten, de spelonken, de hoogvlakten en de bergketens, die het onderzees landschap vormen, verbergen een fauna waar tegenover de aardse fauna slechts een pover figuur slaat.

In de weiden van de oceaan, zijn jungles en zijn hoogstammige gewassen krioelen 300.000 soorten levende dieren, elk in stand gehouden door miljarden individuen en begiftigd met een biezonder karakter. Deze soorten gaan van het zeer kleine diertje, dat fosfoorvlakken ontwikkelt op vierkante plaatsen van de warme zeeën, tot de potvissen, die tientallen tonnen wegen; van het met brons gepantserde schaaldier tot de schelpdieren en de zachte zeekwallen, die door het contact met de lucht tot ontbinding komen.

De oceaan heeft zijn wilde beesten, zijn zeelipaarden, die de walvissen, ontwapend door hun gewicht, levend in stukken snijden. Hij heeft zijn jagers, zijn sluwe en geduldige strikkenzetter, zijn vleeseters en zijn planteneters, zijn steeds in paniek verkerend wild, zijn heren ruimteveroveraars en zijn burgers die op hun beperkt gebied rondtoeren.

...En sinds kort kent de zeefauna een nieuwe soort: de onderzeemans!

LA MER - V. Romanovsky en  
C. Francis-Bœuf

Edit. Larousse

BP review nr. 13, eerste in de reeks gewijd aan de Oceaanwetenschap, heeft de oorsprong en de grens der oceanen behandeld evenals de aard van de zeebodem en de vorming der atollen en der vulkaaneilanden, van het zee-ijs en de ijsbergen.

In nummer 14 hebben de schrijvers melding gemaakt van de aktuele kennis betreffende de dynamische, fysische en scheikundige eigenschappen der oceaanwateren, terwijl ook een woord gewijd werd aan hun radioaktiviteit.

Het leek gepast de plantaardige en dierlijke organismen, die het zoutwater bevolken, in hun verblijfplaats op te zoeken.

Dat zal in onderhavig nummer gebeuren.

U zult een idee krijgen over de hoedanigheid, het leven en de aanwending der organen van de zeebodem, der bovenste planten, van het fytoplankton en van het zooplankton en er zal tevens een studie gewijd worden aan de fosforescentie en de lichtgevende organen bij de zeedieren.

Het gebeurt dat men, wanneer men het oppervlak van een oceaan vanop een boot bestudeert, niets ziet; men bespeurt er geen enkel teken van leven.

Het diepblauwe water is schijnbaar "ledig". Nochtans vangt men met een net met kleine openingen een stofachtige film waarvan miljoenen mikroskopisch kleine korrels elk op zichzelf een voor het blote oog onzichtbare ééncellige minuskule plant vertegenwoordigen.

Zowel in de oceanen als op het land is de lente de tijd van de hernieuwing.

De seizoenen oefenen nochtans geen enkele invloed uit op de wezens die aan het leven op de geheimzinnige bodem zijn aangepast. Het licht dringt er inderdaad niet door; er heerst een bijna totale bestendige duisternis, die enkel door de glans der fosforescente dieren doorboord wordt.

De vleeseters en de aleters, die er rondzwermen, verslinden mekaar of maken zich meester van de krengen en de overblijfselen die langzaam van het oppervlak naar de bodem zakken.

Verrijkt door de opnieuw opduikende minerale en voedende reserves, welke zich gedurende de winter in het warmere diepe water hebben opgestapeld, begint er, in de zich steeds bewegende oppervlaktelagen, tijdens de lente een intens leven op gang te komen.

Op het ogenblik dat de natuur ontwaakt, dat de botten op de bomen springen, dat de kiemen in de aarde uitschieten, gaan de plantaardige en dierlijke elementen van het zeeplankton zich duchtig vermenigvuldigen.

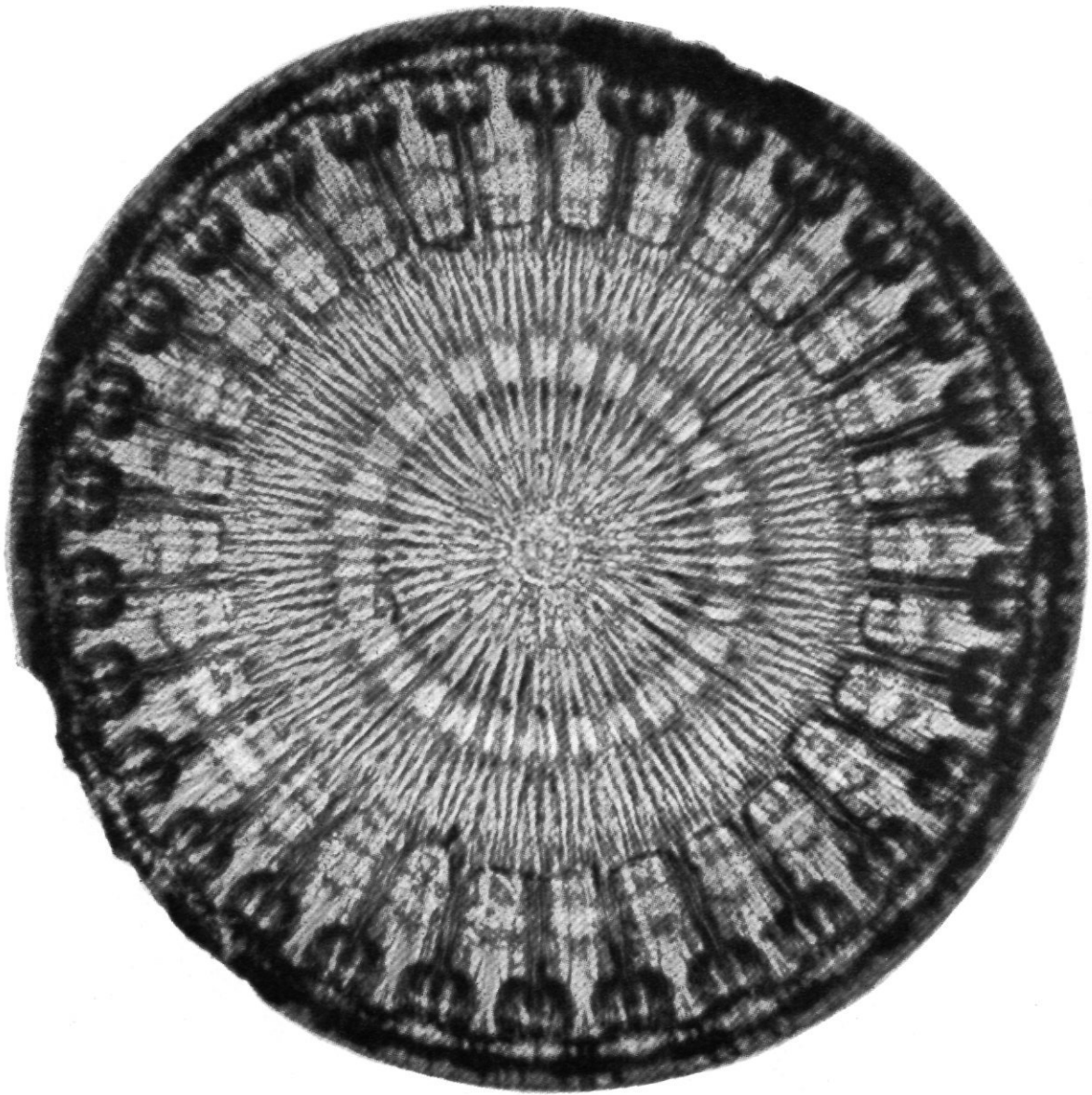
Hun voortplantings- en groeiproces verschilt volgens de breedtegraden. In de warme, tropische gebieden geschiedt de opeenvolging van verscheidene generaties op evenveel tijd als één enkele generatie in de koude, polaire waters nodig heeft om te ontstaan.

Geweldige groenachtige, geelachtige, roodachtige of bruinachtige massa's vormen een uitstekend weiland dat afgescheiden wordt door plantenetende dieren, die op hun beurt de prooi worden van vleesetende dieren.

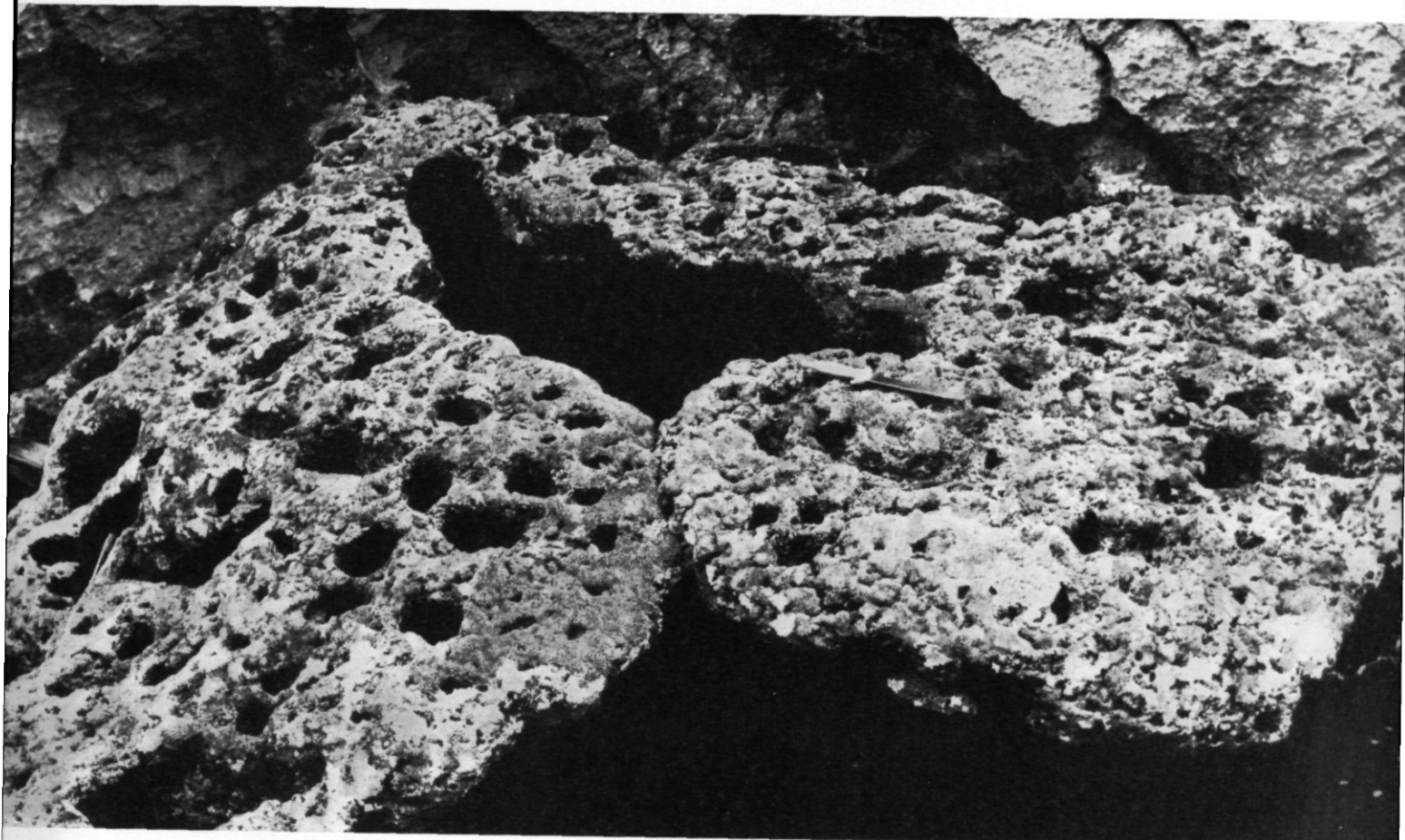
Deze permanente levensbron geraakt in de loop van het warme seizoen progressief uitgeput.

De koude temperaturen van de winter remmen de voortplanting der ééncellige wezens soms bijna volledig. Maar het oceaanwater behelst steeds een levensbelofte die, met de toeneming van de warmte en het licht, in de komende lente tot vrucht zal rijpen. En de seizoencyclus herbegint...

**editoriaal**  
**Dr. E. Leloup**



*Lepidodiscus elegans* : vergroting : 150. Oorsprong : Singliewski (USSR - tussen het Ladogameer en de Oeral) (Foto : Frederick - Atlas-Photo, Parijs)



# DE ORGANISMEN



## Prof. J.M. Pérès

Eén der gevolgen van de vulgarizatie, tijdens de laatste jaren, van het gebruik van het duikmasker en de ademhalingsdarm is het bekend worden bij een bepaald aantal leken van de schoonheid en de verscheidenheid van de onderzeese landschappen. Vanzelfsprekend betreft het hier slechts diepten nabij de oevers, maar dit overzicht volstaat opdat een tamelijk ruim publiek vaag zou weten dat de zeebodem op zeer verscheidene wijzen bevolkt is en de verdeling der dieren en planten van de zeebodem problemen stelt.

Alle levende wezens die de zeebodem bewonen, er rondkruipen of rondzwemmen in zijn onmiddellijke omgeving zonder er zich ooit ver van te verwijderen, behoren tot het *benthos*. Naargelang de plantaardige of dierlijke aard kan men een *fyto*benthos en een *zoobenthos* onderscheiden. De dieren, die zich op het substraat bevinden, vormen wat

bepaalde kwalitatieve stabiliteit in de tijd en beantwoordend aan homogene omringende voorwaarden (biotoop), vormt hetgeen men noemt een "biocoenose".

Niet de karakteristieke soorten, in een bepaalde populatie vertegenwoordigd en afwezig in andere, dienen in overweging genomen, maar wel deze welke in gewicht of in aantal de individuen beheersen; men bepaalt dan wat men de *levensgemeenschappen* noemt. Deze zijn vooral op de biomassa gefundeerd, dat wil zeggen op het gewicht (vers of droog) van de voorname soorten per eenheid van oppervlak tot bodem.

Film en fotografie hebben het uitzicht van de zeebodem voldoende gepopulariseerd opdat iedereen zou weten dat men niet dezelfde soorten op de bodem van enkele meters en van enkele duizenden meters diepte vindt. Men heeft dus een vertikaal verdiepingensysteem moeten vinden

# VAN DE ZEEBODEMS

men noemt de *epifauna*, in tegenstelling met de *endofauna*, die de soorten groepeerd welke de sedimenten doorsnuffelen of in de rotsen boren. Volgens de afmeting kan men ook de makrobenthos onderscheiden, waarbij de grootste afmeting van het individu of van de kolonie de 2 mm overschrijdt, en de mikrobenthos, waarbij deze grens niet bereikt wordt.

De benthische planten en dieren zijn in populaties gegroepeerd. De samenstelling hiervan wordt tegelijk gekonditioneerd door de vereisten van de soorten ten overstaan van de verschillende factoren (temperatuur, zoutgehalte, aard van het substraat, beweging van het water, enz.), en door de verhoudingen die bestaan tussen de soorten die de populatie vormen, bijvoorbeeld de wedijver voor de beschikbare plaats, voor éénzelfde voedsel, de symbiose, ofwel de afhankelijkheid van de prooi, enz. Het vergelijken van de lijsten der soorten, die ontdekt werden bij het nemen van een bepaald aantal stalen, maakt het mogelijk te precizeren welke soort in een bepaalde populatie karakteristiek is. Zulke populatie, begiftigd met een

om de benthische populaties te klasseren. Men weet thans dat de verticale verdieping der soorten van drie fundamentele factoren afhangt: licht, bevochtiging, drukking.

Het licht, dat het plantaardig leven konditioneert (fotosynthese), komt voort van de zon; naarmate men verder in het water doordringt, doet er zich een opslorping der stralingen voor die zich tegelijkertijd uit in een totale vermindering van de verlichting en in een wijziging van de spektrale samenstelling: eerst wordt het rood, en dan het geel opgeslorpt, terwijl de blauwe stralingen de meest doordringende stralingen zijn in het water van de open zee en de groene stralingen in de kustwateren. De bodem, welke een voldoende verlichting ontvangt opdat de planten er zouden kunnen leven, vormt het *Fytal-Stelsel*, ook *Littorale stelsel* genaamd; dit strekt zich in het meest doorzichtige en meest verlichte water uit tot maximum 150-160 m, maar kan, in water dat erg belast is met zwevende materie, ook geen tientallen centimeters doordringen. Aan de andere kant van de binnengrens der planten

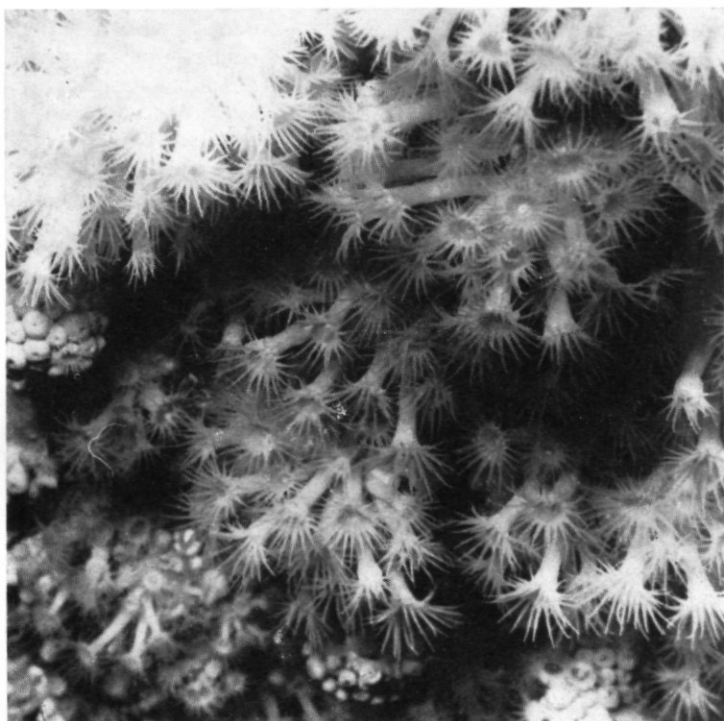
▲ De "kroonlijsten", gevormd door het kalkachtig wier *Lithophyllum tortuosum*, bieden één der treffendste uitzichten van het onderste gedeelte van de mediolittorale verdieping van de westelijke Middellandse Zee (Foto S.M.E.)

◀ Deze Kamzeester (*Astropecten aurantiacus*), een verwoede jaagster op kleine weekdieren die in het sediment leeft, werd hier verrast in een met posidoniën dun gezaaide grasbank in de Golf van Marseille (infra-littorale verdieping) (Foto S.M.E.)

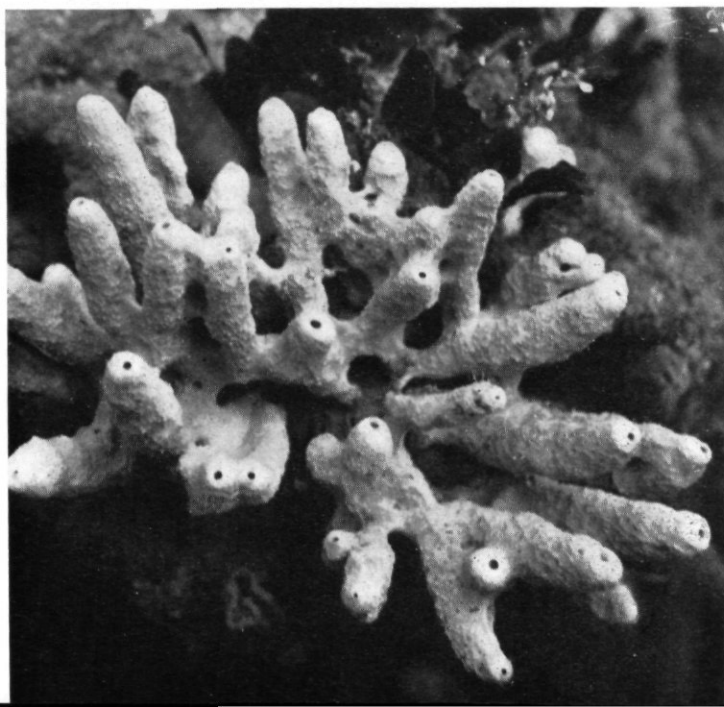
De Zeegrondel (*Gobius minutus*, is, met de tongen en de geduchte pietermannen, één der zeldzame vissen die bestendig vertoeven in het fijne zand zonder plantengroei van de infralittorale verdieping van de Golf van Marseille (Foto S.M.E.)



Wand van een grot onder de Middellandse Zee bedekt met het straaldier *Parazoanthus axinellae*. Deze biocænose hoort thuis op de circalittorale verdieping (Foto S.M.E.)



De spons *Verongia aerophoba*, vinnig geel wanneer zij leeft en naar het donkerblauw overhellend als zij aan de lucht is blootgesteld. Zij maakt deel uit van de circalittorale biocænose der grotten onder de Middellandse Zee (Foto S.M.E.)





## De trapsgewijze plaatsing van de soorten is afhankelijk van drie fundamentele factoren: licht, bevochtiging en druk

woorden. In feite is dit niet mogelijk, vooreerst de juiste maat van deze factoren, uitgezonderd voor de drukking, minder gemakkelijk is dan aanvankelijk lijkt, vervolgens omdat wij slechts zeer fragmentaire inlichtingen bezitten over de inwerking van elke faktor op de verschillende soorten. Men heeft er de voorkeur aan gegeven als referentiebasis de verdiepingsgrenzen te nemen van het Benthische Domein voor de belangrijke wijzigingen der populaties, dat wil zeggen trouwens de biologische resultante van de inwerking der omringende factoren. Over 't algemeen neemt men aan dat het benthisch Zeedomein, vanaf de oeverlijn tot de grootst gekende diepten, in zeven verdiepingen kan onderverdeeld worden; vier maken deel uit van het Fytaal-Stelsel: Supralittoraal, Mediolittoraal, Infralittoraal en Circalittoraal; drie andere maken deel uit van het Afytaal-Stelsel: Pathyal, Abyssal en Hadal. Al degenen die aan de oever van de zee zijn geweest, hebben de gelegenheid gehad de *supralittoraal*-verdieping te doorlopen. De organismen, die er leven, zijn zij die een bestendige of bijna bestendige opduiking verdragen of vereisen; in de zeeën met aanzienlijke getijden zijn zij slechts ondergedompeld op het ogenblik van de vloed der nachtevening-getijden. De populaties van de *supralittoraal*-verdieping zijn merkwaardig homogeen op de schaal van het geheel van de Aardbol op de harde substraten; men vindt er praktisch steeds blauwwieren en ééncellige groenwieren, korstmossen, een kleine Gasteropode van het soort *Littorina* en een Isopode-schaaldier (Ligiide). Op de stranden is de *supralittoraal*-populatie samengesteld uit Amphipode-springschaaldieren, die zich voeden met organische afvalstoffen (vulgair "zeevlooien" genoemd). Langs de tropische oevers komen verschillende min of meer aan het luchtlevens aangepaste Krabben zich bij die Amphipoden vervoegen of ze zelfs vervangen.

De *mediolittoraal*-verdieping is die waar de onderdompelingen en de opduikingen mekaar min of meer regelmatig afwisselen. In de zeeën met aanzienlijke getijden wordt zij vertegenwoordigd door het gemiddeld gedeelte van de intertidale zone, dat wil zeggen van de

schommelingszone van het zeepil. De *mediolittoraal*soorten kunnen weerstaan aan een min of meer verlengde exondatie en zijn over 't algemeen niet bekwaam te leven wanneer zij op bestendige wijze ondergedompeld zijn.

Op de lichte substraten (zand en slijk) zijn de *mediolittoraal*populaties moeilijk te bepalen en dikwijls erg weinig uitgestrekt. Wanneer het peil van de zee zakt, kruipen de dieren in het sediment weg, dat ingevolge doorweking een bepaalde hoeveelheid water weerhoudt, en aldus worden zij beschermd tegen nadelige invloeden van de exondatie. Op de stranden omvat de *mediolittoraal*fauna enkel maar wat Borstelwormen, Ringwormen (*Ophelia*, *Nerine*), Pissebedden en Vlokkreeften; aan de tropische kusten komen er nog verschillende echte Krabben (*Uca*) of "valse-krabben" (*Hippiden*) bij. Op de rotsachtige kusten vindt men over 't algemeen aan de bovenkant van de verdieping biocoenosen op basis van Roeipotigen, die de exondatie zeer goed verdragen (*Chthamalus*), en onderaan populaties die rijk zijn aan kalkachtige wieren (uitgezonderd in de hoge breedtegraden), dikwijls gemengd met andere Roeipotigen (*Balanus*, *Tetraclytia*) en Mosselen. Er is een voldoende rijke begeleidingsfauna en onder meer Buikpotigen met konische schelp van de groep der napjeslakken. Op de tropische kusten worden de Mosselen dikwijls vervangen door Oesters. In de zeeën met sterke getijden, en vooral in de gemiddelde breedtegraden, kunnen populaties van bruinwieren, parallel op de oeverlijn geschikt (en om die reden gordels genoemd), zich bij de hoger aangehaalde populaties boven elkaar plaatsen en ze zelfs min of meer verdringen. Dat zijn bijvoorbeeld de gordels van de verschillende soorten Bruinwieren (*Pelvetia*, *Fucus spiralis*, *Fucus vesiculosus*), welke men gemakkelijk op de rotsachtige kusten van het Kanaal en de Atlantische Oceaan kan waarnemen.

De *infralittoraal*-verdieping wordt bepaald door de verticale ruimte van het benthisch domein die verenigbaar is met het leven der mariene Zaadplanten of fotofiele wieren, die dezelfde eisen stellen betreffende de verlichting. De bovenste franje van

die het toegeeflijkst zijn aan geringe verlichtingen, begint het Afytaal-Stelsel (of Diepzee-Stelsel).

De bevochtiging komt slechts tussen voor de populaties gelegen in de schommelingszone van het zeepil (door de getijden of door de veranderingen van de meteorologische voorwaarden). Deze bevochtiging kan zogoed een eenvoudige besproeiing door stofregen zijn als een ware onderdompeling ingevolge het stijgen van het watervlak.

De drukking, die toeneemt met 1 kg/cm<sup>2</sup> telkens men 10 m dieper doordringt, komt beslist tussenbeide maar men weet nog niet in welke voorwaarden.

Het verdiepingenstelsel van de benthische populaties, ogenschijnlijk het natuurlijkste, in functie van die drie fundamentele omringende factoren, zou er vanzelfsprekend in bestaan voor elke faktor een bepaald aantal grenswaarden te fixeren die aan de opeenvolgende verdiepingen beant-

deze verdieping kan geëxondeerd worden, maar elke enigszins verlengde opduiking leidt tot de dood van de infralittoraalpopulaties. Deze bovenste franje wordt bijvoorbeeld vertegenwoordigd door de laagste gedeelten van de schommelingszone der getijden, dat wil zeggen die welke slechts kort opduiken en enkel tijdens getijden met grote amplitude.

Op de rotsachtige substraten kan men twee grote typen van infralittorale populaties herkennen. De ene is gevormd op basis van fotofiele wieren, welke vooral bruinwieren zijn op de middelmatige en hoge breedtegraden, terwijl de roodwieren op de lagere breedtegraden overheersen en de groenwieren in de intertropische streken. De ermee verbonden fauna van geringe grootte is veranderlijk, maar haar biomassa is over 't algemeen kleiner dan die van de plantaardige fraktie. In bepaalde gebieden kunnen verschillende Ongewervelden (Buikpotigen van de groep der Wormslakken en Kokerwormen, Borstelwormen) een groot kwantitatief belang krijgen. De Buikpotigen van het geslacht der Wormslakken onder meer leiden soms, bij het beschermen van de rots tegen de zee-erosie, tot de vorming van ware platformen die parallel zijn aan de oeverlijn, bedekt met enkele centimeters water en die de naam van "gaanpaden" gekregen hebben.

Het andere populatietype wordt vertegenwoordigd door de Koraalklippen van de tropische zeeën, waarin de dieren schijnbaar talrijker zijn dan de planten. Doch dit is slechts schijn; de levende weefsels van de koraalklipbouwers behelzen inderdaad symbiotische wieren (Zooxanthellen), die in de afvalstoffen van het metabolisme van hun gastheer (die er aldus van ontlast wordt) het koolgas en de minerale zouten vinden welke het hen mogelijk maken voor de syntese te zorgen van de organische materie door het gebruik van zonne-energie. Andere, minder gekende trouwens, bestaan in de schoot van het skelet van de Stekelhuidigen. In het totaal bevatten de koraalklipbouwers, niettegenstaande zij tot het dierenrijk behoren, ongeveer driemaal meer levende planten dan levende dieren. Aldus wordt men naar het voorgaande geval teruggevoerd en een klip

van Korallen is dus helemaal in overeenstemming met één van deze infralittorale populaties waarbij de wieren overheersen en waarover eerder sprake. De begeleidingsfauna van de koraalklippen is zeer rijk en gevarieerd en veel van hun samenstellende soorten zijn rijkelijk gekleurd. Doch inzake kwantiteit heeft deze fauna geen bijzonder grote biomassa in vergelijking met veel andere infralittorale populaties op rotsen. Haar produktie (cfr. verder) schijnt daarentegen belangrijker te zijn, wat ongetwijfeld te maken heeft met het feit dat de generaties mekaar gemiddeld vlugger opvolgen bij de soorten van de warme zeeën dan bij die van de gematigde of koude.

Een bijzonder belangrijke infralittoraal-biocoenose inzake praktijk is die welke overeenstemt met de bezoedelde waters in de havens. Doordat de scheepsrompen met die populatie bedekt zijn, gekend onder de naam van "fouling", vermindert de snelheid der schepen en verhoogt het verbruik van de brandstof. Men bestrijdt de fouling met speciale verf en door de scheepsrompen te schrobben dank zij gespecialiseerde autonome duikersploegen.

Op de lichte substraten van de infralittoraalverdieping (grint, zand, slijkachtig zand, slijk) onderscheidt men twee grote populatietypen naargelang er wel of geen veelcellige planten zijn (Metafyten). Wanneer er geen metafytische plantengroei is, is de populatie doorgaans vooral uit soorten samengesteld die in het sediment leven en waaronder over 't algemeen de Mossels, de Borstelwormen en de Ringwormen overheersen. De rovers van deze groepen worden het meest, buiten de Vissen, wel te verstaan, vertegenwoordigd door de Stekelhuidigen (over 't algemeen afwezig op de bovenste niveaus) of door de Voorkieuwigen (talrijker in de tropische zeeën). De lichte infralittoraalbodem met metafytische plantengroei is zeer verscheiden. In de warme zeeën wordt de plantenbedekking van de bodem dikwijls door de groenwieren verzekerd. Deze Chlorophyceae hebben soms een met kalksteen doortrokken thallus (*Halimeda*). In de gematigde of koude gematigde zeeën zijn de ruwe lichte of met blokken bezaaide bodems dikwijls overdekt met velden vol bruinwieren die tot

de groep der Laminairen (en welke ook op de harde substraten bestaan) behoren.

Maar het grote kenmerk van de lichte infralittoraalsubstraten is deze populaties van mariene Zaadplanten te dulden, die als referentiebasis genomen werden voor de bepaling van de verdieping zelf. Deze planten met bloemen van de groep der Eenkiembladigen eisen voor hun groei een echte grond, waaruit zij bepaalde minerale voedingsstoffen trekken, net zoals de grondplanten dit doen, terwijl de benthische wieren eenvoudigweg door het substraat geduld worden en in het water al hun minerale voedsel halen. Deze mariene Zaadplanten zijn vooral in de tropische zeeën talrijk en verscheiden, maar zij bedekken ook de belangrijke vloeren van de infralittoraalbodem in de gematigde zeeën (*Zeegrassen* in de noordelijke Atlantische Oceaan en *Posidonia* en *Cymodocea* in de Middellandse Zee). Wanneer deze Zaadplanten zeer dicht zijn, kunnen zij, door het sediment dat hen duldt met hun wortelstokken en wortels te bedekken, de endofauna ervan verarmen. Soms kunnen zij ook de bevolking van de bodem verrijken door de fauna die zich op hun bladeren



De rugvin van deze Zeevlinder (*Blennius ocellaris*), in de Golf van Marseille op 30 m diepte aangetroffen, is even overdadig versierd als de staart van een pauw (Foto S.M.E.)

vastzet of op de gedeelten van hun rhizomen die uit het sediment opduiken. Daarbij scheppen deze planten, in het woud van hun bladeren, een schuilplaats voor talrijke mobiele soorten.

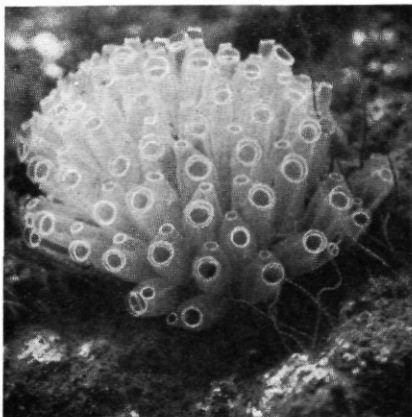
De onderste grens van de *circalittoraal*-verdieping, laatste verdieping van het Fytal-Stelsel, stemt overeen met de maximum diepte welke verenigbaar is met het leven van de wieren die het meest aan de zwakke verlichtingen toegeven.

Op de rotsachtige bodem vindt men populaties waar de dierlijke biomassa ze gewoonlijk op de biomassa van de wieren brengt en waar vaste vormen overheersen: Sponzen, IJsvogels, Bloemdieren, Stekelhuidigen (geen klippenbouwers), en onder meer Mosdierpjes met zeer gekalcificeerde en dikwijls opgerichte of vertakte koloniën; de wieren zijn vooral roodwieren, meestal met van kalksteen doortrokken thallus.

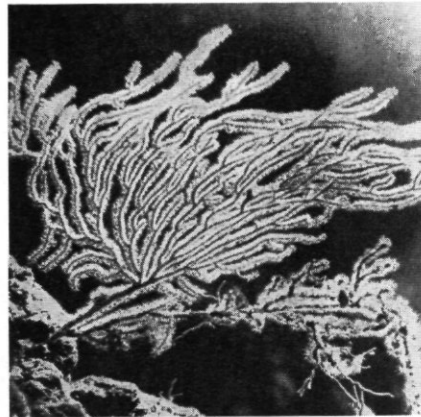
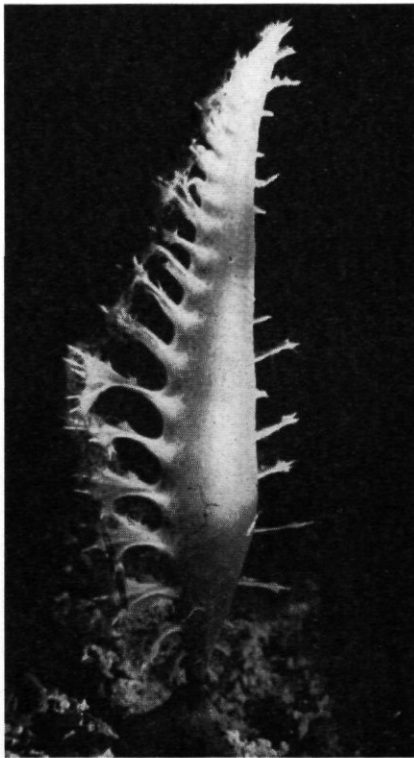
De populaties der lichte bodems hangen in ruime mate af van de aard van het sediment. Op de grove sedimenten (grint en min of meer grof zand, gemengd met gebroken schelpen) ontwikkelen zich soms belangrijke kalkvrije wierengezelschappen op de bodem die meestal

## De populaties van de bevolkte bodems hangen in ruime mate af van de aard van het sediment

Op de circalittorale bodems van de Middellandse Zee en van de aangrenzende Atlantische Oceaan is deze mooie Pennatularis (*Pteroides griseum*), welke in het sediment steekt, betrekkelijk veelvuldig (Foto S.M.E.)



De grote koloniën van de bladurn *Diazona violacea* zijn vooral op de slijkerige bodems van de circalittorale verdieping gemeenschappelijk van 80 tot 150 m. Uitzonderlijk bevindt zij zich op diepliggende enigszins met slijk overdekte rotsen. Men onderscheidt ook armen van Slangsterren (*Ophiuroidea*) van het soort *phiapsila*, die onderweg de voedseldeeltjes meepakken welke door de stromingen meegevoerd worden (Foto S.M.E.)



Als waarachtige dierlijke bloemen tonen het hoornkoraal *Eunicella cavolinii* (boven) en het straaldier *Alcyonium coralloides* (rechtsonder) hier al hun uitgespreide poliepen (Foto S.M.E.)

aan de groep der Lithothamnieën toebehoort. Op de Bretoense kust wordt deze bodem, gekend onder de naam "maërl", sinds lang vervlogen tijden uitgebaat om de kalkarme gronden te verbeteren. Bepaalde andere Wieren, eveneens gekalcificeerd (Melobesieën of Squamariaceën), zijn door hun activiteit in staat de grintbodem te harden en de lichte bodem als het ware om te vormen in een harde bodem. Deze omvorming kan omkeerbaar zijn door het spel der kalkboororganismen.

Maar over 't algemeen bestaat de bodem van de circalittoraal-verdieping vooral uit slijkerig zand of slijk en de wieren zijn er weinig talrijk of ontbreken zelfs doordat zij geen behoorlijk substraat kunnen vinden voor hun vastzetting. De zeer verscheiden fauna der Ongevelden dient, volgens de aard van de bodem, tot voedingssteun voor aan bentische Vissen min of meer rijke populaties. Deze circalittoraal-verdieping, welke het onderste gedeelte van het Kontinentaal Plat bekleedt, is het essentiële akterterrein voor de visvangst met sleepnet. De bathyal-verdieping, zonder autotrofe planten zoals de rest van het Afytaal-Stelsel, stemt bij benadering overeen met de populaties die zich op de continentale glooiing en onmiddellijk aan de voet ervan bevinden, dat wil zeggen rond 2.500 - 3.000 m. Haar laagste grens wordt aangeduid door een radicale vernieuwing van de bentische fauna voornamelijk op de weekdierenfauna en vooral van de Stekelhuidigen, en door de laagste uitbreidingsgrens van een bepaald aantal dieren-

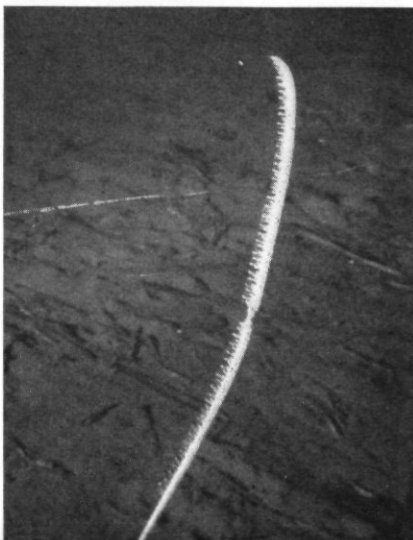
soorten van het Fytaal-Stelsel die het Kontinentaal Plat kunnen omzomen. Praktisch verlaten deze kustsoorten, die bekwaam zijn zich in de diepte uit te breiden (eurybathische soorten), slechts uitzonderlijk de bathyal-verdieping.

Op de rotsachtige substraten (steeds zeldzamer naarmate men dieper afdaalt) is de meest merkwaardige biocoenose die der "Diepe Korallen", samengesteld uit zeer belangrijke massieven van Stekelhuidigen (vooral *Lophelia* en *Madrepora*), vanzelfsprekend zonder symbiotische wieren vermits het licht ontbreekt. Deze diepe Korallen vormen, in deze in het geheel zeer dun bevolkte diepten, levensoasen op het peil waarop zich een rijke en verscheidene begeleidingsfauna verzamelt.

De lichte substraten doen zich voor als slijk, waarvan de populatie een gemeenschappelijke bodem biedt van betrekkelijk gelijkvormige soorten in het kader van de verdieping, maar met zeer merkwaardig uitzicht. De meest gewone in de Atlantische Oceaan zijn de grote koloniën van Lederkorallen die in het sediment steken (*Funiculina* bijvoorbeeld), de koloniën van Bloemieren (*Isidella*-bodems, rijk aan grote Aristeide-garnalen van commercieel belang) en de koloniën van Polypen, die zich voornamelijk in de zones schijnen te bevinden waar verscheidene van het Kontinentaal Plat afkomstige afvalstoffen afgeschonken worden. De abyssaal-verdieping strekt zich uit vanaf de voet van de continentale glooiing tot aan de grens van de helling die de grote ravijnen voorafgaat, dat wil praktisch zeggen van 3.000 m tot 6.500 -

7.000 m. Zij wordt essentieel bevolkt door biocoenosen van slijkerige bodem; de zeldzame vaste substraten (recente vulkaanrotsen, knobbels van mangaan- en ijzeroxyde) dragen over 't algemeen slechts een zeer dungezaaide fauna. De populaties van het abyssale slijk zijn uiterst verscheiden, maar meestal is de biomassa ervan gering en van de grootte van 1 g/m<sup>2</sup> (vers gewicht). Deze schamelheid schijnt aan de duisternis toe te schrijven te zijn, maar het werkelijk mechanisme, waardoor deze in werking treedt, is niet gekend. Praktisch alle groepen van Wervellozen, die in de fauna van het Kontinentaal Plat aanwezig zijn, vindt men terug in de abyssale verdieping, maar het percentage van archaische vormen (waarachtige levende fossielen) is groter ten overstaan van het geheel van de fauna in de bathyaal- en abyssaal-verdiepingen. Ook de Vissen zijn er nog aanwezig. In het geheel ondergaat het aantal soorten in de abyssaal-verdieping een merkelijke vermindering.

De hadal-verdieping, stemt overeen met de grote ravijnen en kuilen, dat wil zeggen ongeveer 6.500 - 7.000 m tot meer dan 11.000 m in de Stille Zuidzee, welke de diepste is van de drie grote oceanen. De bodem bestaat hoofdzakelijk uit slib en slijk en de zeer geringe biomassa kan tot op enkele milligrammen (vers gewicht) per vierkante meter dalen. De populatie wordt gekenmerkt door de totale verdwijning van een bepaald aantal vertakkingen en onder meer van die welke rovende vleeseters zijn: Schaaldieren, Tienpotigen, Zeester-



Deze grote Zeepen (*Funiculina quadrangularis*) is zeer gewoon op de bathyal-verdieping van het Middellandse Zee-slib (Foto: Vliegende schotel O.F.R.S.)

Op 475 m diepte in de Middellandse Zee is de fauna van de bathyalverdieping uiterst dun gezaaid. Hier ziet men een veder of pluim, vast in het sediment en de graafsporen van twee zeesterren (*Tethyaster subinermis*) (Foto Camp. Calypso S.M.E.)

Een klassieke vorming van de bodems der bathyalverdieping van de Middellandse Zee bieden deze "molshopen", waarvan de herkomst nog betwist wordt. Op de voorgrond de zeester *Brisingella* (Foto: Camp. Calypso - S.M.E.)

ren en Vissen. Bepaalde groepen: Zeerobben, Zeeëgels, Schaaldieren, Pissebedden, Borstelwormen, Ringwormen, gaan duidelijk op de voorgrond treden. Daarbij omvatten de hadale sedimenten Bakteriën die geschikt zijn om onder sterke drukkingen te leven (barofielen) en dikwijls overvloedig voorhanden zijn (ter grootte van enkele miljoenen zaden per gram vochtig sediment). Deze mikro-organismen maken een essentieel element uit van het voedsel der dieren welke gewoonlijk beschouwd worden als afvalers.

*Het marien benthos in de algemene ekonomie der oceanen.* Het is interessant na te gaan of de mens de benthische bevolkingen (voornamelijk inzake vissen) op de juiste wijze voor zijn voeding aanwendt en of de mogelijkheid bestaat het rendement van de vangst op benthische soorten te verbeteren. De biomassa der populaties neemt af met de diepte; op de infralittoraalverdieping bereiken bepaalde populaties van rotsachtige bodems met vers gewicht enkele tientallen kilogrammen per vierkante meter en de populaties van licht substraat enkele honderden grammen (zelden meer dan 1 kg/m<sup>2</sup>). Op de circa-littoraalverdieping zijn de cijfers over 't algemeen ter grootte van enkele honderden g/m<sup>2</sup> en wij hebben hoger gezien dat de biomassa, met toenemende diepte, vlug vermindert. Deze vermindering geschiedt minder vlug wanneer de grote bodem zich in de onmiddellijke omgeving van uit het water opgedoken land bevindt, want het vallen van dieren- en plantenafval vanaf het uit het water opgedoken

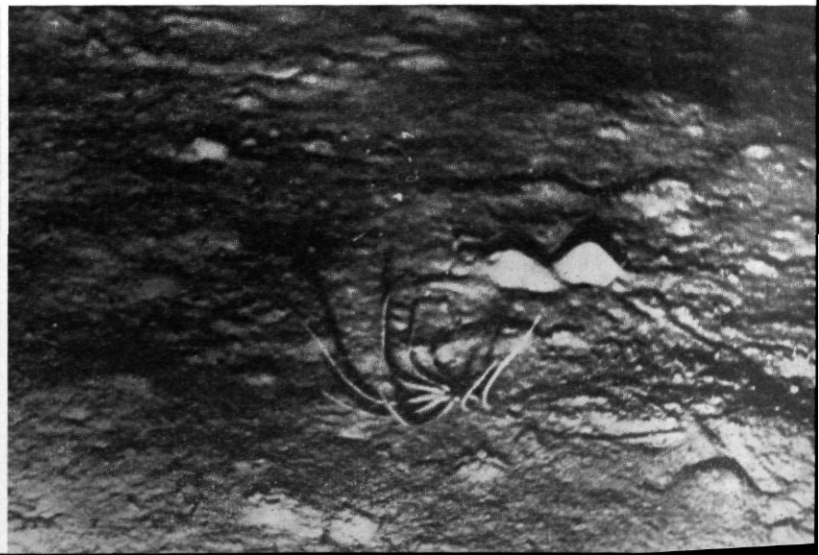
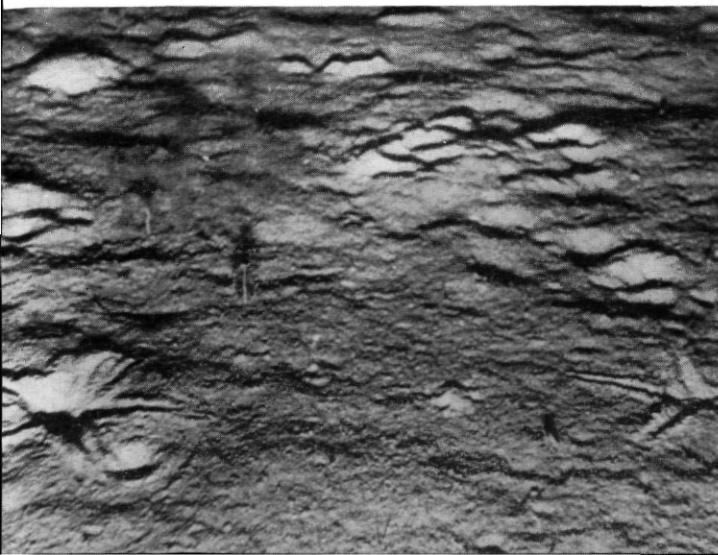
land of het Kontinentaal Plat zal die grote bodem dan verrijken.

De biomassa volstaat echter niet om de rijkdom uit te drukken van een zeebodem. Indien bijvoorbeeld twee gemeenschappen A en B éénzelfde biomassa van 100 g/m<sup>2</sup> hebben, maar A gevormd is uit soorten die gemiddeld 5 jaar leven en B uit jaarlijkse soorten, wil dit zeggen dat de gemeenschap A 5 jaar nodig heeft om 100 g levende materie te realiseren, terwijl gemeenschap B dit slechts op één jaar doet. Anders gezegd is de produktie van B 5 maal belangrijker dan die van A. De vergelijking der respektieve produkten van verschillende gemeenschappen maakt het mogelijk er de werkelijke rijkdom beter van te waarden, doch het schijnt dat de beste aanwijzingen geleverd worden door de verhouding produktie/biomassa (P/B). Deze verhouding P/B is op het Benthisch Domein heel wat minder gunstig dan op het Pelagisch Domein. Zij is beter in de tropische wateren dan in het koude water der hoge breedten of van de bathyalverdieping.

De rationele exploitatie van de benthische soorten dient rekening te houden met de produktiestudies om te vermijden dat men aan overfishing (overexploitatie) gaat doen, welke het Kontinentaal Plat van de Noordzee of van de noordelijke Atlantische Oceaan in 't algemeen kenmerkt. Deze overfishing, die voortvloeit uit de verbetering zelf van de technieken van de visvangst, loopt het risico zich heel wat vlugger voor te doen op de bodem van het bovenste gedeelte van de bathyalverdieping (200 tot 600 m), waarop

de trawlers getracht hebben hun aktiviteit te verplaatsen toen het Kontinentaal Plat duidelijk tekenen van uitputting heeft gegeven. Deze bodems, waarvan de biomassa trouwens geringer is, hebben daarenboven een lagere produktie wegens de grotere gemiddelde leeftijd van de soorten die ze bevolkten. Er dient nochtans aangestipt dat de oceaanmilieus een geheel vormen en dat de bodems niet kunnen gescheiden worden van het water dat er zich boven bevindt. Wanneer deze een rijk plankton hebben en de diepte minder belangrijk is, kan het neervallen van kringen of afvalstoffen van dit plankton de bodem gevoelig verrijken door het aanbrengen van voedsel voor de dieren die hem bevolken.

De verrijking der zeebodems is gemakkelijk te begrijpen doch moeilijk te verwezenlijken wanneer men wil dat zij rendabel zou zijn. De kultuur of industriële kweek van de benthische zeesoorten is niet uitgesloten doch in een afzienbare toekomst niet te verwezenlijken. De aanvoer van rechtstreeks of onrechtstreeks bruikbare vreemde soorten (dat wil zeggen voor het voedsel van de mens of voor die van commerciële soorten) in de schoot van een biocoenose, vatbaar voor een snelle aangroei of met een goed transformatierendement van het voedsel, schijnt in de huidige stand van onze wetenschap vatbaarder voor het vergroten - in behoorlijke economische omstandigheden - van het voordeel dat de mensheid voor zijn voortbestaan uit de hulpbronnen van het zeebenthos kan halen.





Warboel van Vingerwieren (*Laminaria Cloustoni*) op een strand van de Orkadische Eilanden (Schotland) (Bron : Alginate Industries, Londen)

## Prof. Dr. E. Montequi

Van tijd tot tijd gaat de belangstelling van de mensen naar de zee in de hoop er een grotere hoeveelheid produkten, zo dierlijke als plantaardige, uit te winnen. De overheden, die verantwoordelijk zijn voor de toekomst van de maatschappij, denken aan de zee als aan een onuitputtelijke bron, die voldoet aan de voedselbehoeften van een menselijke populatie die zeer snel aangroeit. Men moet zich echter voor die dromen hoeden. Zonder aarzelen dient gezegd dat, alhoewel de scheikunde van de zee misschien beter gekend is als die van de aarde, de uitgestrektheid van haar massa, in tegenstelling met wat men zou kunnen denken, de exploitatie-mogelijkheden aanzienlijk beperkt.

De bemesting van de zee bijvoor-

beeld doet de visvangst aanzienlijk stijgen, maar hoe kan men de mest in een afgebakende zone vergaren?

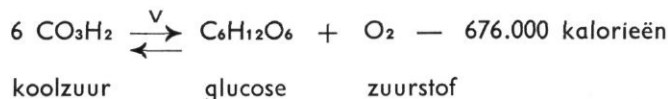
De aanwending van de zee als bron van plantaardige voedingsprodukten is heel in het bijzonder aan bod gekomen in benarde toestanden. Wanneer het economisch leven verward geraakt, zoekt men zonder dralen nieuwe rijkdommen en spant men zich in de gekende bronnen op maximale wijze te benutten. Aldus geschiedde, bijvoorbeeld, in Frankrijk tijdens de eerste wereldoorlog. In die tijd meende de vorser in het zeewier, dat zo overvloedig langs de Bretoense kust voorhanden was, een soort wondermiddel te hebben gevonden. Men dacht er uitgelezen voeder uit te halen om de ontbrekende haver te vervangen. Simplis-

tische geesten hielden vol dat de zee, op dezelfde wijze waarop zij overvloedig bijdraagt tot de menselijke voeding met vissen, schaal- en weekdieren, een gelijkaardige tussenkomst zou moeten verlenen met haar belangrijkste plantaardige produkten, namelijk de wieren. Iemand beweerde ernstig dat een wier - de *Alaria esculenta* (beeld 1) - eertijds het gewone voedsel was van de kustbevolkingen van Ierland, Schotland, Denemarken en de Far-Oërlanden. Van deze verzinsels blijft iets goeds over: een hernieuwde aandacht die de wieren verdienen en waaruit een meer wetenschappelijke studie van hun mogelijke toepassingen is gevolgd. Rechtvaardigheidshalve dient herinnerd aan de naam van Sauvageau, één der grote pioniers van deze studies, die

# DE MAKROSKOPISCHE ZEEPLANTEN EN HUN AANWENDING

een werk heeft uitgegeven in 1920 dat klassiek is geworden. In ons kort overzicht zullen wij de lezers trachten uit te leggen wat deze makroskopische zeeplanten thans betekenen en wat men er kan uithalen.

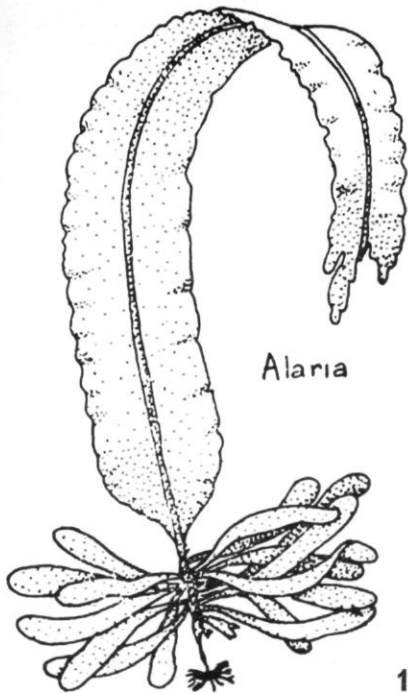
Niemand ontgaat de onverbiddelijke loop van de cyclus van het leven. Zijn hoofdmoment wordt bereikt wanneer de buitenkant van de planten, waarvan de groene kleur voortkomt van een welgekende substantie, het *chlorofiel*, in het licht van de zon baadt. Deze heeft tot voornaamste taak de syntese te bewerkstelligen van aan energie rijke produkten, uitgaand van het atmosferisch koolzuur ofwel opgelost in het water. Ziehier de gebruikelijke afgekorte uitdrukking, welke men *fotosyntese* noemt:



Het hoeft geen betoog dat deze uitdrukking heden ten dage niet meer als korrekt mag beschouwd worden. Het verschijnsel is heel wat ingewikkelder en de fotosyntese vereist bijvoorbeeld de tussenkomst van bepaalde hoeveelheden fosfor en stikstof. Omdat het hier juist het fundamenteel verschijnsel van het leven betreft, poogt een leger van vorsers over geheel de wereld het elke dag wat meer te belichten en er een zo groot mogelijk voordeel uit te halen. Maar bovenstaande ekwatie volstaat om dit bazaar feit te doen ressorteren; de door de planten verwezenlijkte fotosyntese

(V) maakt de schepping mogelijk van scheikundige bestanddelen welke erg belast zijn met energie die voortkomt van de zon.

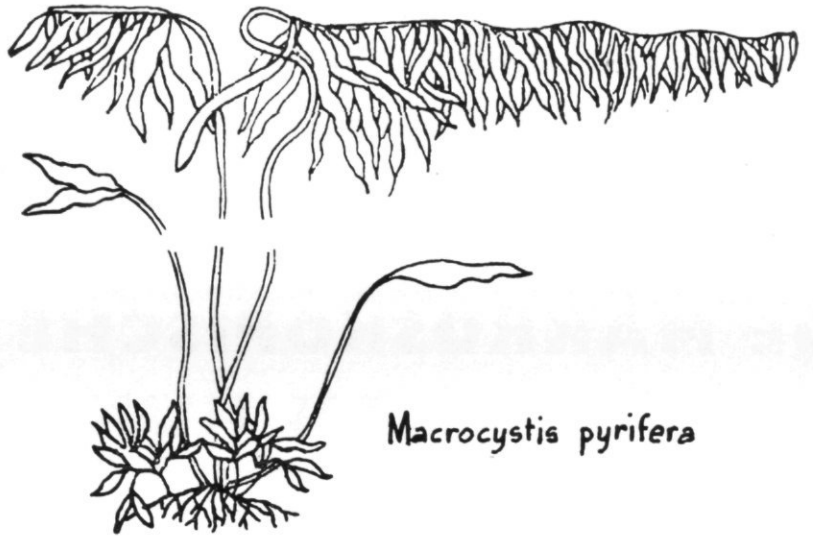
Deze bestanddelen zijn zeer talrijk en zeer verscheiden vanuit scheikundig standpunt, maar velen ervan kunnen begrepen worden in drie verschillende groepen: proteïden of proteïnen, gluciden of koolstofhydraten, lipoiden of vetten. Deze laatste zijn eenvoudigweg verbindingen van glycerine met radikale zuren. Proteïne koolstofhydraten zijn de uitdrukking van een fakulteit waarvan de natuur ons herhaald voorbeelden geeft, namelijk de bouw



Alaria

1

van grote, zelfs reuzemolekules, uitgaande van eenvoudige en kleine molekulen. De reuzemolekulen zijn beter aangepast aan de biologische taken die voor hen in het bijzonder zijn weggelegd. Aldus ontstaan de proteïnen, "draagveer" van de essentiële functies van het leven, door associatie van ontelbare kleine molekulen, aminozuren genaamd. De gluciden of koolhydraten, materialen die bestemd zijn om te worden verbrand en levensenergie te leveren, zijn ofwel eenvoudig, indien zij daar gevormd worden waar hun verbranding onmiddellijk zal zijn (zoals de glucose of druivesuiker), ofwel grotelijks gepolymeriseerd, indien zij zijn samengesteld uit reserveprodukten (amidon) of steunprodukten (houtcellulose, wieralgine). Maar ik wens hier dadelijk te onderlijnen dat er in de verblindende complexiteit van het vitaal chemisme een enig energiekaptoormoment is : de fotosynthese. De aldus opgevangen zonnekracht zal vervolgens langzaam en gepast aangewend worden in het hart zelf van elke cel, om het leven in stand te houden. De dieren (A) leven uitsluitend op deze van de fotosynthese afkomstige energie, een verschijnsel dat terecht gesignaleerd wordt als de belangrijkste gebeurtenis van de levende wereld. Deze bedenkingen leken mij noodzakelijk om de onder-



Macrocystis pyrifera

2

3





havige studie van de grote tak der sporeplanten beter te kunnen begrijpen. Onder de zeeplanten behoren de meest talrijke en meest overvloedige tot de *Wieren*. Ze zijn gekenmerkt door verborgen voortplantingsorganen, terwijl de meer geëvolueerde *Zaadplanten* bloemen dragen. Onder deze laatsten dienen enkel de *Zeegrassen* en de *Fonteinkruiden* vermeld.

Over 't algemeen leven de wieren in zeewater, in brak of zoet water, op slijk en op vochtige bodems. De zee-wieren omvatten de kleinste en de grootste planten, van de minuscule bruinwieren ter grootte van enkele honderdsten van een millimeter, tot de reusachtige *Macrocystis pirifera* (beeld 2) der Californische zeeën, waarvan de onvertakte stam meer dan 50 meter lengte kan bereiken, terwijl de slinger op het wateroppervlak blijft drijven dank zij zwem-

blaasjes. Wanneer men over *wieren* spreekt, welke in dit artikel behandeld worden, denkt de leek steeds aan iets *makroskopisch* of *vastzittend*. Maar er dient goed onderlijnd dat de totale omvang van deze op de rotsen vastzittende wieren gering is in vergelijking met die welke de mikroskopische wieren van het *fytoplankton* vertegenwoordigen. Alhoewel zij klein zijn halen zij het door hun aantal en in de cyclus van het zeeleven zijn de mikroskopische wieren de belangrijkste keten waar rond het geweldig en vreemd oceaaneleven wentelt.

Alhoewel de makroskopische wieren dikwijls een vasthechtingsorgaan bezitten om zich aan de rots vast te klampen - een stengel (onvertakte stam) en een bladvormig uitziende uitzetting (slinger), bezitten zij geen echte wortels met speciale voedende functie noch echte bladeren. Zij

groeien bij voorkeur op keiachtige zuivere stranden en in woelige zeeën. Daar hun bestaan op de fotosynthese gebaseerd is, hebben zij een bepaalde dosis licht nodig. Daarom treft men vastzittende wieren slechts per uitzondering op 80 meter diepte aan. Boven de 400 meter heeft men geen plantaardig leven in zee ontdekt. Soms vormen de verwarde bruinwieren geweldige drijvende weiden en maken een bijzonder ekologisch stelsel van fauna en flora uit. Bijvoorbeeld degene die Kristoffel Columbus tij-

---

Oogst van Knotswier (*Ascophyllum*) in de fjorden van het noorden. De verschillende kenmerken der alginaten, extrakten van deze zeeplanten, worden in verschillende nijverheden aangewend, voornamelijk bij het bedrukken van weefsels, elektroden-soldeer en voeding (Bron: Alginat Industries, Londen)



dens zijn eerste tocht vond en die hij "Mar de los Sargazos" (Zee van Sargasso) heette. Dit misleidde de vorsers nopens de nabijheid van de vaste grond.

Deze levensvereisten van de wieren verklaren waarom de dichtste weiden zich langs de kust, langs de rivieren op een niet te grote diepte bevinden. Het gebeurt vooral na hevige zeestormen dat het geweld van de zee massa's wieren afrukt welke zich in soms buitengewone hoeveelheden op de stranden opstapelen.

Beeld 3 toont één van deze stapels op een strand van Cabo Jubi (West-Afrika), waarvan de dikte de voorbijganger de indruk kan geven op een matras te wandelen. In beeld 3 ziet men *Laminaria*, waarvan de olijfachtige kleur donker wordt bij het drogen. De Fransen, die de zeeplanten algemeen zonder onderscheid "zeegras" noemen, hebben er drie nuttige groepen van gemaakt gezien vanuit praktisch standpunt: *wrakzeegras*, *oeverzeegras* en *in-zee-groeiend-zeegras*. Het eerste bevat de, speciaal na de onweren, aan de kust aangespoelde plantenhopen. Op de steile kusten van de Atlantische Oceaan voeren de wrakken voornamelijk wieren aan. Op de weinig afhellende kusten van ditzelfde gebied en dit van de Middellandse Zee betreft het vooral echte zee-grassen. Zij vormen soms uitgestrekte groene onderzeese weiden. Zij lopen voort in zee wanneer de helling van de kust zacht is en de woeligheid van het water gering. De wieren bevinden zich daarentegen in wateren die door de getijden en stromingen opgejaagd worden. De oeverzeepplanten kleven vast aan de grond en tegen de rotsen; zij komen op het droge bij de ebbe van de nachteveningen. De wieren, die in zee groeien, zetten zich in dieper water vast. Vroeger deed dit onderscheid zich tijdens de oogst voor. De wrak- en oeverwieren waren voorbehouden aan de overbewoners en de eigenaars van aangrenzende bewerkte gronden, terwijl de oogst der in zee groeiende zeeplanten vrij was. Thans geeft men over 't algemeen de voorkeur aan degenen die de zeeplanten oogsten om er een industriële exploitatie van te maken met het oog op het bekomen van scheikundige produkten. De aanwending als mest voor de land-

bouwgronden komt op de tweede plaats.

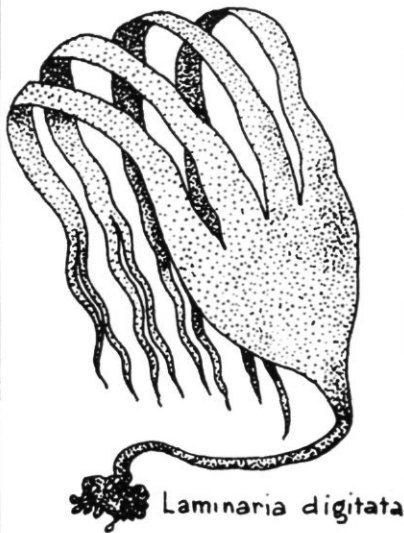
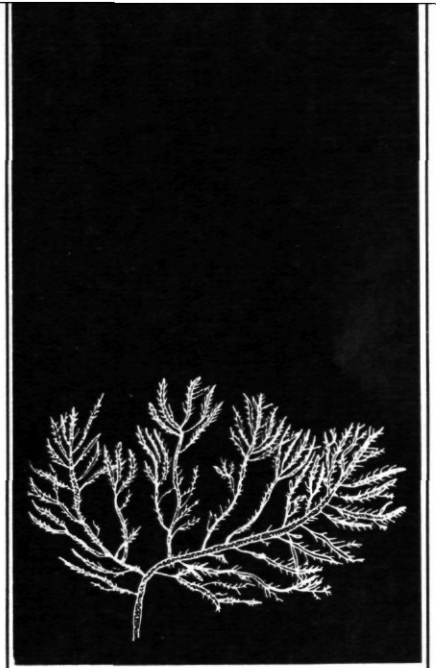
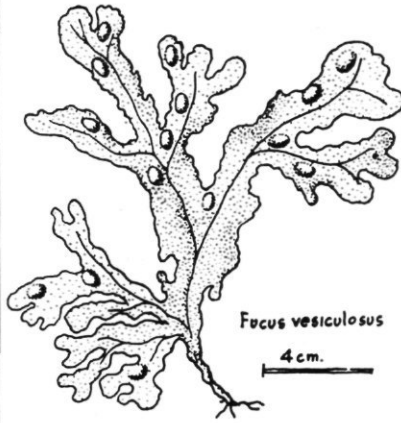
Nemen we thans de voornaamste wieresoorten, welke zich op de Atlantische kust bevinden, onder de loep. Er zijn vooreerst drie hoofdgroepen: *groene*, *bruine* en *rode*. Hoe banaal deze indeling volgens de kleur ook schijnt, toch beantwoordt zij aan werkelijke verschillen en stemt zij innig overeen met hun eigenschappen en hun toepassingen. De groenwieren (*Chlorophyceae*) danken hun kleur uitsluitend aan het chlorofyl, fundamentele materie van de fotosynthese. Deze wieren leven nabij de oppervlakte en hebben geen bijkomende kleurstof nodig om hun functie te vervullen. Daarentegen bezitten de bruinwieren, (*Pheophyceae*) en de roodwieren (*Rhodophyceae*, *Florideae* of *Zeebloemen*) bijkomende kleurstoffen, *Phycopheïne* respectievelijk *Phycocerythrine* genoemd. De cellen van deze wieren bevatten één of verscheidene chlorofylkorrels, welke, gekoppeld met chromatoforen een ander pigment opleveren. Dit maakt het ze mogelijk van de zelfs zwakke lichtstralen te genieten, welke deze in de diepte of de schaduw levende wieren bereiken. Op de Europese rotsachtige kusten vindt men achtereenvolgens, gaande van het strand naar de zee, de voornaamste onderstaande soorten. Men ziet groenwieren zoals de *Ulva lactuca*, zo genoemd om haar *latuwachtig uitzicht van de zee* en waarvan de slingers door de golven worden meegevoerd of zich in slijkerige bodems opeenstapelen. Op de scheepsrompen bemerkt men eveneens de soms overvloedige groene vezeltjes van de *Enteromorpha*. Bij lage tij ontdekt men veel rotsen die bedekt zijn met bruinwieren van de familie *Fucus*, zoals de *Fucus vesiculosus* (beeld 4), waarvan de zwemblaasjes soms onder de voeten der voorbijgangers ontploffen, en een weinig meer aan de binnenkant de *knoestige Ascophylen*. In nog dieper water groeit een andere groep bruinwieren, in de systematiek *Laminaria* genoemd. Deze soorten zijn aan de rots gehecht met een bazale of rhizoïdeuitzetting, bestaande ook uit een min of meer lange stengel of onvertakte stam en een slinger of draad. De *Laminariaceae* komen bijzonder veelvuldig voor op de kusten die bespoeld worden door de grote zeestromingen, zoals

de vertakkingen van de Golfstroom in Europa, de Kuro-Sivo of Zwarte Stroom in Japan en de Strooming van Californië. In het water van onze Europese kusten zet zich vooreerst het Vingerwier (*Laminaria digitata*) (beeld 5) vast, waarvan men de draden bij de hoge tijen in de lente ziet drijven. *Laminaria cloustoni* groeit dieper. Als belangrijke soort mag men *Alaria esculenta* (beeld 1) en het Suikerwier (*Laminaria saccharina*) (beeld 6) beschouwen, welke laatste aldus genoemd wordt omdat haar niet verdeelde slinger dikwijls bedekt is met een wat zoetachtig produkt, op suiker gelijkend, dat men *manitol* heet. De reusachtige *Laminaria Macrocystis pyrefera* (beeld 2) van de Californische wateren behoort ook tot deze groep.

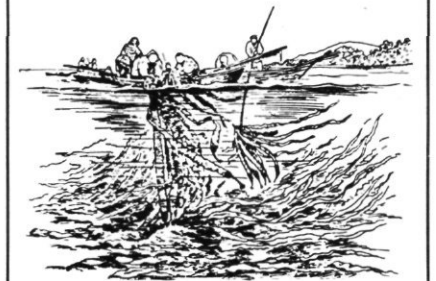
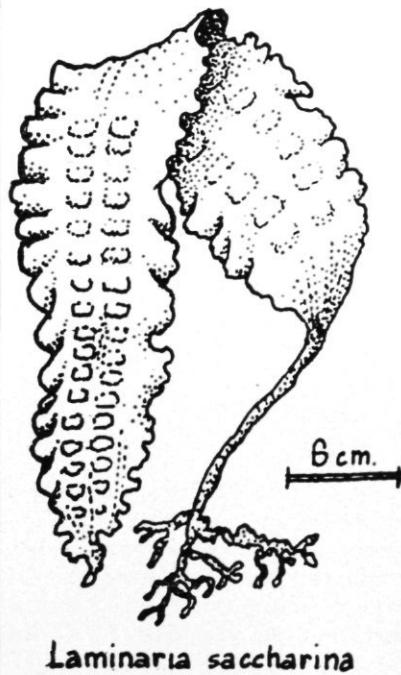
De roodwieren zijn van praktisch belang. Alhoewel men ze ook in woelig water aantreft, bevolken zij gewoonlijk de donkere of zelfs diepe plaatsen. In de zuidelijke streken komen zij meer voor. Hun chromatoforen zijn enigszins talrijk, hetgeen de schakering van deze soms zeer mooie wieren doet variëren van het hevigste rood tot donkerbruine tinten. Onder deze wieren stippen we enkele belangrijke soorten aan zoals die van het *Porphira*-geslacht (eetbaar in Japan), *Chondrus* (beeld 8), *Gigartina*, welke het geneeskundig produkt leveren dat carrageen genoemd wordt evenals zijn extract, net zoals *Gelidium*, dat de Europese agar-agar geeft. Het roodwier *Rhodimonia palmata* schijnt onder al de zeeplanten het gemakkelijkst verteerbaar te zijn, hetgeen bepaalde landdieren, die het gretig afgrazen, bevroeden. In Bretagne noemt men het "beestenzeegras".

Zoals de planten bezitten de zeeplanten ook proteïnen, vetten en koolhydraten. Wij haasten ons echter te zeggen dat men nooit rekening houdt met hun gering gehalte aan vetstoffen (0.6% van het vast residu in enkele draden). Zelfs hun proteïne (tot 9% in de draden) wordt, hoe belangrijk ook vanuit functioneel standpunt, in de praktijk nauwelijks gewaardeerd. De meest kenmerkende glucide- of koolhydraatsamenstellingen bepalen de zeer bijzondere toepassingen der wieren. Daarboven dient men te weten dat deze planten in de zee groeien welke bijna alle scheikundige elementen

**Groen-, bruin- en roodwieren : deze indeling volgens de kleur, hoe banaal zij ook moge schijnen, stemt overeen met hun essentiële verschillen, hun eigenschappen en hun toepassingen**



4	8
5	9
6	10



bevat. Deze trekken - hoe klein ook in aantal (mikro-elementen of oligo-elementen) doorheen de plant, waarbij elke soort het vermogen bezit bepaalde elementen beter te behouden dan andere. Aldus kunnen de Laminaria de verhouding kalium/natrium honderdmaal die van het zeewater doen overtreffen en de jodiuminhoud tot 1.000 maal. Het asgehalte, dat bij de zeeplanten zeer hoog is, vertegenwoordigt 20 tot 35 % van haar vaste materie. Ten slotte bevatten de vochtige wieren 80 % water.

Het aanwenden van wieren als mest voor de teelgronden heeft altijd bestaan in alle streken van de wereld waar zij gemakkelijk in grote hoeveelheden geoogst worden. Op de Franse, Schotse en Spaanse kusten; in Denemarken, Noorwegen en IJsland; op de Amerikaanse kusten van de Stille Zuidzee en Atlantische Oceaan, net als in Japan en andere Aziatische landen, stelt men sinds lang het gebruik van zeewier als meststof vast. De moderne wetenschap geeft een geldige verklaring voor dit treffend samen vallen. Het in de zon uitgedroogde en voor het begint te ontbinden (geen verrotting) uitgespreide wrakzeegras, lijkt op stalmest, doch is nog rijker aan kaliumzouten. Vermengd met enkele superfosfaten vormt het een uitgelezen meststof voor de fruitbomen, de graangewassen (in 't bijzonder de gerst), de groenten en de aardappelen. Voor de wijngaard wordt het niet aanbevolen, omdat gebleken is dat de wijn een zeewatersmaak heeft. De wieren bieden ook op de stalmest het voordeel de grond niet te bevuild met schadelijke grassoorten noch met schade veroorzakende insektlarven. Daarbij bevordert hun hygroscopische levendigheid van de grond en zijn vermogen het water te bewaren; zij beperkt de noodwendigheid van het besproeien. Ten slotte mag men de invloed, die essentieel kan zijn, niet onderschatten van de mikro-elementen welke zij bevatten. De waarde der wieren als meststof is vroeger tot uiting gekomen in de befaamde "vergulde gordel" van Bretagne, die vruchtbaarder is dan de naburige niet met wieren bemeste gronden. Thans heeft het gebruik van andere meststoffen deze verschillen ten dele weggeruimd. Zeggen we terloops

dat de Zeegrassen, die minder rijk zijn aan nuttige elementen en een grote weerstand bieden aan de ontbinding, een meststof zijn van mindere kwaliteit. Men gebruikt ze als verpakkingsmateriaal.

Gezien de scheikundige samenstelling van de wieren was het begrijpelijk dat men sinds lang getracht heeft ze als voeder en ook als voedsel voor de mens aan te wenden. Soms selektioneren de kudde-eigenaars een natuurlijk weiland van wieren tot groot voordeel van de oeverlandbouwers. Het betreft hier bijna altijd dezelfde soorten die door de dieren worden gegeten op de Franse, Schotse, Deense, Noorse, Groenlandse en IJslandse kusten. Hieronder bevinden zich de *Alaria esculenta* (beeld 1), de Laminaria (beelden 5 en 6), de Fucussoorten (beeld 4) en vooral de *Rhodimenia palmata*, waarvan de wetenschap de grootste rijkdom aan gemakkelijk verteerbare proteïnen heeft aange-toond. Om te vermijden dat het vlees, dat van deze dieren afkomstig is, een bepaalde smaak heeft, moet men ze, alvorens te slachten, gedurende enkele dagen uitsluitend met gras of hooi voederen. Proefnemingen om bruinwieren, Fucus en Laminaria als voeder aan te wenden in vervanging van haver, werden in Frankrijk, tijdens de eerste wereldoorlog, systematisch uitgevoerd. Zij hebben uitgewezen dat het mogelijk is ze tot dit doel te gebruiken. Men moet de dieren er echter aan wennen, want in het begin van dit voedingsregime wijzen zij de niet verteerde wieren af.

Wat de voeding van de mens betreft moet men onderscheid maken tussen de zones van Europa en Amerika enerzijds en de Aziatische zone (vooral Japan) anderzijds. Terwijl in de eerste zones de wieren enkel plaatselijk en in bepaalde omstandigheden gebruikt worden, maken zij in Japan het gewone voedsel der inwoners uit. In Europa geeft men als eetbaar op:

*Ulva lactuca*, *Alaria esculenta*, *Rhodimenia palmata* en, soms, de *Laminaria*. De *Ulva lactuca* of "zeelatuw" wordt in bepaalde streken van het Europees kustgebied in de vorm van sla gegeten. Desaangaande spreken de appreciaties mekaar tegen. De grote algoloog Sauvageau, die ze geproefd heeft, verklaart: "Het was taai en wasachtig en, niettegenstaande

de mijn goede maag, heb ik gevreesd een indigestie te hebben". Daarentegen vindt de Duitser Philipsson in 1915 ('t was toen oorlog!), die het goed gekruid gegeten heeft, het "wonderbar schön, leicht und piquant" (zeer goed, licht en pikant). In ieder geval is het wier, dat het meest gebruikt schijnt in de Europese zone, *Rhodimenia palmata*, die bijvoorbeeld het *dulse* van de Ieren uitmaakt. Naargelang het land bereidt men het als sla, met melk gekookt of gekruid zoals spinazie. In Japan daarentegen vormen de wieren een gewoon voedsel en men bekomt er vooral twee produkten die door de Japanners zeer gewaardeerd worden: de *amanori* en de *kombu*. Deze laatste wordt in zeer grote hoeveelheden bewerkt te beginnen met bepaalde Laminaria (*japonica* en *longisima*). Beeld 10 geeft de lezer een idee van de oogst van deze wieren op de kusten van Japan. De *amanori* heeft als grondstof verscheidene *Porphyra*-soorten, rijk aan stikstof. De ingewandssappen der Japanners schijnen zich te hebben aangepast aan het verteren van wieren. Men meent echter dat hun gewoonte zich ermee te voeden niet om reden is van de energetische waarde der wieren, maar wegens hun laxeervoordelen, vermits zij vooral rijst en vissen verbruiken.

In het begin van de 19de eeuw werden de wieren, die zeer overvloedig op de Bretoense kusten voorhanden waren, in Frankrijk ten eerste gewaardeerd wegens het alkalisch gehalte van hun assa (mengsel van kalium en natrium). Men gebruikte ze om het "saliter" of magnesiumsulfaat te produceren. Het gebeurde te Parijs dat een apoteker, fabrikant van het "saliter", Courtois genaamd, met het inzicht enkele zwavelachtige bestanddelen te ontlede, op het waterig extract van wierasse een betrekkelijk grote hoeveelheid gekoncentreerd zwavelzuur stortte.

Aldus bewonderde de mens voor de eerste keer het mooi schouwspel van de violette dampen van het jodium. Dit scheikundig element, grondig bestudeerd door Clement en Desormes in 1813, werd erkend als verwant aan chloor. Het belang voor het jodium nam toe toen Dr. Coindet (1820) bemerkte dat de bewoners van de Aziatische landen,



die aan de zee grensden, geen kropgezwollen kenden en dat deze ziekte afnam met asse van sponzen en andere zeeprodukten. Hij had het voorgevoel dat jodium de oorzaak van de genezing was. Inderdaad, zijn aanwezigheid in dergelijke substanties werd bevestigd door de jonge apothekbediende (19 jaar) J.B. Dumas, die één der beroemdste scheikundigen van zijn generatie werd. Dumas stelde het jodiumtinktuur als geneesmiddel voor, waarvan de antiseptische en ontsmettende eigenschappen voor de huid en kleine wonden het heden ten dage nog nut doen bewijzen. Daarenboven herkende men dra de gebruiksmogelijkheid van het jodium om het rachitisme en lymfatisme te bestrijden, evenals de doeltreffendheid der minerale joduren zoals vasodilatatoren en organische derivaten van het jodium voor velerlei gebruiken. Deze beschouwingen, evenals het toenemend gebruik van kaliumzouten zoals grondmeststoffen, maakten van de asse van wieren een interessante exploitatiebron voor de scheikundige nijverheid van de 19de eeuw. Doch deze nijverheid viel in verval toen in 1875 het nitraat van Chili ontdekt werd, waarvan het epuratiewater jodium (in de vorm van jodate) bevat, tegen zeer lage prijs gewonnen. Deze ontdekking leidde tot het verval van de Europese en Aziatische jodiumfabrieken, welke als grondstof de Laminariacea gebruikten. Doch weldra vestigde men de aandacht op het groot industrieel belang dat de glucidebestanddelen van deze wieren, waarover wij verder nog zullen praten, konden bereiken. Om die reden zijn de fabrieken van jodium, afkomstig van de wieren, die overbleven vooral die welke fundamenteel de glucidebestanddelen en, als hulpprodukten, het jodium en de kaliumzouten bewerkten.

Vangen we aan met de bruinwieren. Deze bevatten eenvoudige suiker (manitol) van de polymeren van de glucose (laminarine) of van de arabinose (fucoïdine), welke alle min of meer gelukkige studieobjek-

---

Een veld Vingerwieren bij lage tij (*Laminaria flexicaulis*) (Bron: "La vie étrange des rivages marins" door Ed. Le Danois, blz. 65 - Cl. D.P. Wilson)

ten waren vanuit het standpunt van hun industriële exploitatie. Maar hun voornaamste substantie, waarvan de eigenschappen er een steeds toenemend industrieel belang van maken, is die welke men algine of *alginisch zuur* noemt. Het betreft een basisprodukt der bruinwieren, zoals de cellulose die gevormd wordt door vezels bij de landplanten. Terwijl de cellulose een lijnvormige polymeer van de glucose is, is de eenheid van de algine het *manuronisch zuur*, waarvan de molekuul verschilt van die van de glucose, enkel maar omdat een alcoholische groep (-CH<sub>2</sub>OH) vervangen wordt door een carboxilische (-COOH). Deze laatste heeft een *zuur* karakter en verleent aan de algine haar biezonderheden. Er dient onderlijnd hoe de Natuur, die zeer weerstandskrachtige vezels nodig heeft voor de grondplanten, 2.000 glucose-eenheden op een rij plaatst, terwijl in de *Laminaria*, omringd door water, 80 manuronische zureenheden volstaan om de basismolekuul te bouwen.

Gezien hun zuur karakter kunnen de alkalische alginaten zeer gemakkelijk bekomen worden. Na de oogst van de *Laminaria* en het drogen op de zee kust, worden deze naar de fabriek vervoerd. Men ontdoet ze zo goed mogelijk van de andere glucidische bestanddelen en proteïnische materie. Men behandelt ze met koolzuurzoutsodium om de oplosbare alginaten te vormen van dit metaal, dat afgescheiden wordt door filtrering van het celluloseoverschot. De sodische oplossing, behandeld door een zuur, stolt het alginisch, gelatineachtig zuur, waarvan men vervolgens zout fabriceert. Het nuttigste nijverheidsprodukt is de *sodiumalginaat*, een wit, min of meer grijsachtig poeder. Het lost langzaam in het water op waarbij het zeer kleverige oplossingen geeft, die bij afkoeling niet gelatiniseren, doch door zuren stollen. Een oplossing met 1 % bezit reeds de vastheid van een siroop, en met 4 % heeft zij het uitzicht van een gelatine. De viscositeit van de oplossing met 1 % is bijna gelijk aan die van de Arabische gom met 30 %. Men heeft de alginaten gebruikt als uitstekende stijfelmaterie voor papier en textiel. Maar deze toepassingen zijn zo veelvuldig geworden dat wij ze, om er een duidelijker

idee van te geven, met de andere wieurittreksels (*agar* en *carraghenine*) bestudeerden.

Het populairste van de wieren afkomstige produkt is misschien de *agar-agar*, extract van roodwieren. Deze term duidt in Maleisië een wier (en zijn extract) aan, ingevoerd uit China en bestemd voor de vervaardiging van voedingsgelei. Maar het aldus in Europa genoemd produkt komt uit Japan; door de Japanners wordt het niet *agar* maar *kanten* genoemd, wat wil zeggen *koude hemel*, om te herinneren aan de wijze waarop het bekomen wordt. Samengevat wint men dit produkt met warm water uit de grondstof: het gefiltreerd en koud gegelatiniseerd extract moet gedurende de koude nachten bevroren (vandaar zijn naam). Overdag doet de zonnearmte het water, dat tijdens de nacht bevroren werd, smelten. Na het drogen blijft er een residu over: dat is *agar*. In de grond is dit het zelfde procédé dat wij op onze dagen toepassen, alleen ontstaat de vorst met behulp van koelmachines. Het Spaans produkt, dat bekomen wordt vanuit het roodwier *Gelidium corneum* (beeld 8), is van uitstekende kwaliteit. Zijn fundamentele eigenschap is het vormen van een gelei wanneer het afkoelt in kokend water. Ongeveer 0,5 % van het produkt volstaat om koud te gelatiniseren. Deze eigenschap werd in Maleisië ontdekt door Fannie Hesse, vrouw van een beroemd bacterioloog. Zij suggereerde het gebruik ervan in 1881 om voor de kultuur van microben ideale oplossingen te verkrijgen. Deze oplossingen kunnen vloeibaar zijn boven 45°C en zijn zonder alteratie op 110°C te steriliseren zonder het vermogen te verliezen koud te stollen. In de bacteriologische opzoekingen maakt men een uitgebreid gebruik van dit produkt.

Zoals het *carragheen* is het *agar*, waarover wij verder zullen praten, een bijna neutraal polysaccharide (in tegenstelling met de algine), met een zeer geringe zuurheid afkomstig van sulfonische groepen (-SO<sub>3</sub>H), die in de plant geneutraliseerd worden door het natrium, het kalium of het magnesium.

Het *carragheen* is samengesteld uit een mengsel van *Chondrus crispus* (beeld 7) en *Gigartina mamillata*, waarin *Chondrus* overheerst. Men

## **Het meest bekende nijverheidsprodukt dat uit roodwieren getrokken wordt is de agar-agar, bestemd voor het bereiden van eetbare gelei**

brengt het, na een eenvoudige bewerking, op de markt. De ingezamelde soorten spreidt men in de zon uit en besproeit ze verscheidene keren met zoetwater, om het ontkleuringsproces te bevorderen. Men vernietigt de paarsachtige kleur der wieren en de materie neemt dan het uitzicht van ivoor aan. Dit produkt heeft een laxatieve uitwerking omdat het, moeilijk te verteren, een mechanische aktie op de uitwerpselenbal veroorzaakt. Andere toepassingen zijn er dank zij de kleverige oplossingen die het geeft met het kokend water. De vooraf bekomen extracten (*carragheninen*) geven, zo zij bijna zoutvrij zijn, koud kleverige oplossingen, doch geen vaste gelei. Deze kunnen nochtans ontstaan in tegenwoordigheid van kleine hoeveelheden kalium.

Aldus hebben de Nijverheid en de Techniek op onze dagen drie kostbare produkten tot hun beschikking, afkomstig van de wieren, om gelijk welke graad van gelatinisatie of viscositeit te bekomen: *algine*, *agar-agar* en *carraghenine*. Alleen de *agar*-oplossingen gelatiniseren rechtstreeks koud, de andere blijven kleverig. Ze kunnen echter ook gelatiniseren in tegenwoordigheid van kaliumzouten. Op haar beurt verschilt de algine van de *carraghenine* door haar eigenschap door zuren tot stolling te worden gebracht. Deze drie handig aangewende produkten lenen zich tot een bijna onbeperkt aantal toepassingen, hetzij in een behoorlijk mengsel. Zie hier enkele van hun ontelbare toepassingen.

**VOEDING** : Vervaardiging van zeer fijne sorbetten (want zij bepalen de verdikking van de melk, welke calcium bevat, en verhinderen de vorming van waterkristallen) ; room (welke lange tijd zijn primitief uitzicht bewaart), bereiding van roomsoep, broodbereiders voor biscuiterie; komponent van kauwgom, roomkaas, mayonnaise ; bereiding van bonbons, chocolade en schuimpjes; bereiding van pudding, flan en met fruit gesuikerde gelatine, verdikking van geklopte melk en acidofielen, enz. Het spreekt voor zich dat de produkten die wij bestuderen enkel als psychologisch voedsel kunnen gekwalificeerd worden die de echte voedingswaren aantrekkelijker maken, doch geen enkele energetische noch plastische waarde hebben.

**GENEESKUNDE EN KOSMETOLOGIE** : Purgeermiddelen ; bekomen van vormen voor de tandenprotese ;

---

De wieren bij het drogen. Zij zullen achteraf aangewend worden bij het vervaardigen van produkten voor geneeskundig gebruik (V.J. Samson. Foto F.W.S. in "Conserving American Resources", Ruben L. Parson, plaat 162)

pommadebindmiddelen ; geleien en glycerol ; tandpasta, haarfixeermiddelen, scheercrèmes, champoings, schoonheidscrèmes en -melk, ingewandsetpillen ; zeepfabrikage ; voor de vervaardiging van tabletten ; voor de suspensie van bariumsulfaat in radiologie, enz.

**NIJVERHEID** : Algemene emulsie- en kleefmiddelen ; waterverf ; schoensmeer ; witsel voor schoenen, glanzende vernis voor metalen, waterdichtingsmiddelen, fabrikatie van fotografische produkten, enz. Bij zulke opsomming (die vanzelfsprekend onvolledig is) vraagt men zich af: Is er iemand onder ons die kan verzekeren dat hij verscheidene dagen heeft doorgebracht zonder een of ander produkt te gebruiken dat van de zeevieren afkomstig is ?

Wij besluiten deze nota's met het aanduiden van een ander belangrijk gebruik van de bruinwieren, dat zich meer en meer verspreidt ; de fabrikatie van samengestelde voeders. Wij hebben reeds gesproken over de rijkdom der wieren in mikro-elementen. Het belang hiervan als biokatalisatoren is klaarblijkelijk en wordt trouwens bevestigd door talrijke proefnemingen. Aldus kent men de uitstekende resultaten die bekomen werden door het wierenmeel als toevoegsel

in de voeding der kuikens en der legkippen. De samengestelde voeders worden verkregen door toevoeging van 5% wierenmeel aan de gewone voeders. Herinneren we er ten slotte aan dat men in de Verenigde Staten het gebruik heeft aanbevolen van de *Macrocystis piri-fera-poeder* (beeld 2) als bron van mikro-elementen in de voeding van de mens.

De toenemende waarde van de nijverheidswieren voert ons naar de idee hun produktie op te drijven door beroep te doen op kunstgrepen. In Europa beperkt men zich tot het smijten van stenen (niet te grote, om te vermijden dat zij te snel in de grond zouden wegzakken) op bepaalde stranden opdat de wieren er zich zouden op vastzetten. Maar in Japan verricht men ware en delikate verbouwingen. Zoals die van *Porphyra*, bestemd voor de fabrikatie van de "amanori", zeer gewaardeerd door de Japanners. Men bereidt scherpgemaakte bundels van bamboestokken, welke eerst in zeer zout water geplaatst worden (beeld 10), waar de sporen van de *Porphyra* zich overdadig vermenigvuldigen. Na enkele tijd verplaatst men deze bundels naar zoeter water (inham van een stroom, bijvoorbeeld) dat beter geschikt is voor de ontwikkeling van de planten die groot en zacht worden.







---

# De primaire organische produktie Fytoplankton

---

De studie van de zeebiologie, van het leven in de zee, zoekt de oplossing van een aantal problemen. Deze zijn gesteld, de ene door de zee zelf, als levensmilieu, de andere, door de ongemeen grote verscheidenheid van wezens die er in leven. De zee is trouwens het midden bij uitstek voor het leven en er bestaan dan ook een groot aantal planten en vele dierslachten die uitsluitend aan de zee gebonden zijn.

De dieren en de planten, die men met het blote oog te zien krijgt, vormen slechts een zeer klein gedeelte van het leven in zee, immers er leeft er nog een aanzienlijke massa microscopische wezens. In dit artikel zullen wij uitsluitend over deze laatste handelen.

De uitvinding en het algemeen gebruik van de microscoop hebben het mogelijk gemaakt de wereld van deze kleine wezens binnen te dringen, en nog steeds worden vrij regelmatig nieuwe geslachten en soorten ontdekt. Sedert A. Van Leeuwenhoek de eerste enkelvoudige microscoop uitdacht, hebben vele vorsers o.m. C.G. Ehrenberg, E. Haeckel, hun leven lang steeds maar nieuwe soorten beschreven en uitgebeeld. Ze gaven hun een naam en zochten verder naar typische karaktertrekken ten einde ze in families, geslachten en soorten te kunnen rangschikken. Vaak zijn deze eigenschappen niet scherp afgeleid doch fijn geschakeerd, zodat een aantal fouten en uitzonderingen niet uitbleven. Dit gaf dan ook aanleiding tot een zekere verwarring waarvan men de ge-

volgen, soms nu nog, ondervindt. Sindsdien hebben geleerden als G. Calkins, E. Chatton, A. Dangeard, O. Deflandre, F. Doflein, P.P. Grasse, F. Hustedt, C.A. Kofoid, A. Pascher, E. Penard, H. Van Heurck, om er slechts enkele te vernoemen, de zaken geordend en een aantal synoniemen opgehelderd. Bij middel van klassen, families, geslachten en soorten, hebben zij, in zover onze huidige kennissen dit toelaten, een zo logisch mogelijke indeling opgebouwd.

Het gaat hier om eencellige wezens: Protozoa (dieren) en Protophyta (planten), met een of meer kernen, vrijlevend en met geslachtelijke en/of ongeslachtelijke voortplanting. De organismen van dierlijke aard vertonen beweging en deze met plant-aardige eigenschappen bezittende celstof en bladgroen. Het valt echter moeilijk, ook nu nog, een scherpe grens te trekken tussen deze micro-organismen ten einde ze bij de dieren of de planten te rangschikken. Na zeer lang zoeken, bleek het gans onmogelijk dit, zelfs bij benadering, te bereiken, want sommige geslachten vertonen immers, naast dierlijke, ook plantaardige kenmerken. Om dit afzonderlijk geval te onderscheiden heeft E. Haeckel (1879) aan deze wezens de naam Protista gegeven. In de algemene indeling van het plantenrijk komt eerst de groep van eencellige wezens: de Protophyta (ook algen of wierden). Na deze groep volgt deze van de meercellige of Metaphyta, organismen uit meerdere cellen opgebouwd. Protophyta en Metaphyta worden in een grote

klasse ondergebracht: de Thallophyta of Loofplanten, planten met een vrij eenvoudig vegetatieapparaat: thallus, zonder wortelsysteem, stengel, bladeren of bloemen. Ze zijn aldus zeer verschillend van de hogere planten.

Protozoa en Protophyta komen meestal in het water voor, zee-, brak- en zoetwater, en leven vooral in groot aantal bij het wateroppervlak. Enkele kunnen aan planten of ondergedompelde voorwerpen kleven.

De soorten die vrij zwerven maken deel uit van een soort gemeenschap "plankton", Fytoplankton of Zoo-plankton naargelang het planten of dieren betreft.

Wij willen hier enkel over het plantaardig gedeelte van het plankton, het Fytoplankton, handelen. Dit laatste omvat de plantaardige organismen (Protophyta) die vrij aan of bij de oppervlakte of op een zekere diepte in zee, grote meren, vijvers en plassen drijven. Deze plantaardige stof kan zeer aanzienlijk zijn en ondergaat, volgens de seizoenen en onder invloed van verschillende andere factoren (ecologische factoren) soms vrij grote schommelingen zowel wat samenstelling als massa betreft.

Deze organismen behoren in hoofdzaak tot vier groepen: de Diatomeeën (Platen 1 en 2), de Peridineeën of Dinoflagellaten (Platen 3, 4 en 5), de Cyanophyceëen en de Bacteriën. Bij deze belangrijkste groepen van het plankton moet men echter nog enkele Chlorophyceëen (Groenwieren) voegen, veelzeldzaam in zee, de Silicoflagellaten en de Coccolithophorideeën (Plaat 6), en ten slotte, de Radiolariën (Plaat 7).

Daarbij komt nog een soms aanzienlijke massa organische afval die bij de oppervlakte drijft, vooral in de kustzone, en noodzakelijk door de planktonnetten gefiltreerd wordt.

Hier volgen enkele algemene kenmerken voor elk van deze verschillende groepen.

De Diatomeeën, ook nog Bacillariophyceëen, bestaan uit een kiezel-schaal die de geel-bruine levende stof van de cel insluit.

De Peridineeën bevatten een bruin pigment en bezitten bewegende zweefpharen. De aanwezigheid van deze laatste heeft de dierkundigen er toe aangezet, gedurende lange

tijd, deze organismen bij de dieren te rangschikken. Soms is hun membraan dun en lenig, doch de meeste Dinoflagellaten zijn omgeven door een pantser uit celstof dat bestaat uit plaatjes van verschillende vorm en afmetingen.

De Cyanophyceëen of Blauwwieren komen zelden in het zeeplankton voor.

De Bacteriën worden zowel in zee-water als in de afzettingen gevonden. Ze vervullen de rol van katalysators bij de overbrenging van minerale stoffen naar het protoplasma. Hun optreden draagt bij tot de opbouw van de organische moleculen in het zeewater en beïnvloedt er de omloop van. Hetzelfde geldt trouwens ook voor de minerale elementen. De alomtegenwoordigheid van de Bacteriën werkt voortdurend in op de samenstelling van

water en afzettingen. Een gedeelte slechts van hun werking kent men met enige zekerheid. C. Zobell en S. Waksman hebben vooral de invloed van de Bacteriën op het zeewater bestudeerd. Zij konden aantonen dat hun aantal evenredig met de kustafstand schommelt, met de diepte, met de aanwezigheid van grote hoeveelheden plankton, enz. Het ligt voor de hand dat het hier niet om ziektekiemen gaat, doch wel over banale soorten die deel uitmaken van het gewone leven in zee.

De Coccolithophorideeën bezitten een uitwendig kalkpantser, soms vrij sierlijk opgebouwd. De Silicoflagellaten hebben daarentegen een uitwendig kiezelpantser.

De Radiolariën behoren in werkelijkheid tot het zooplankton. Ze zenden zeer fijne draden uit die hen

een buitengewoon mooi uitzicht geven.

Op welke wijze kunnen deze organismen nu in het water blijven zweven? Hun soortelijk gewicht is immers steeds een weinig hoger dan dit van het water. De stromingen, de bewegingen van het water bevorderen het zweven enigszins, doch het zijn vooral de assimilatieprodukten, gassen en vetstoffen, die de dichtheid van de cel verminderen zodat het zweefvermogen vermeerderd. Daarenboven beschikken enkele soorten ook over eigenbeweging dank zij hun zweefpharen. De cellen kunnen dan niet alléén zweven doch zich ook nog voortbewegen.

Zoals wij het reeds gezien hebben, leven deze organismen op een geringe diepte, doch, onder de invloed van fysiologische prikkels, stijgen en dalen zij herhaaldelijk en

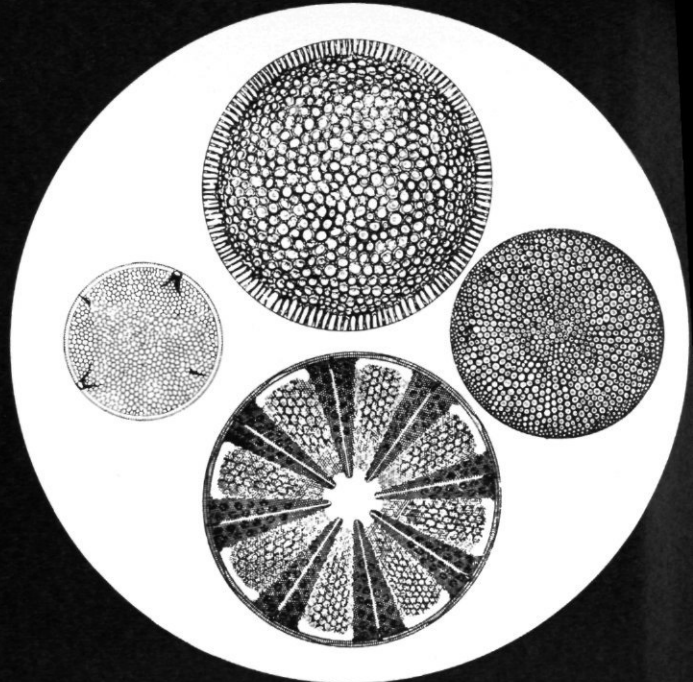
## **De alomtegenwoordigheid der bacteriën wijzigt voortdurend de kwaliteit van het water en de sedimenten**

bij tussenpozen, overeenkomstig de min of meer sterke werking van de assimilatie.

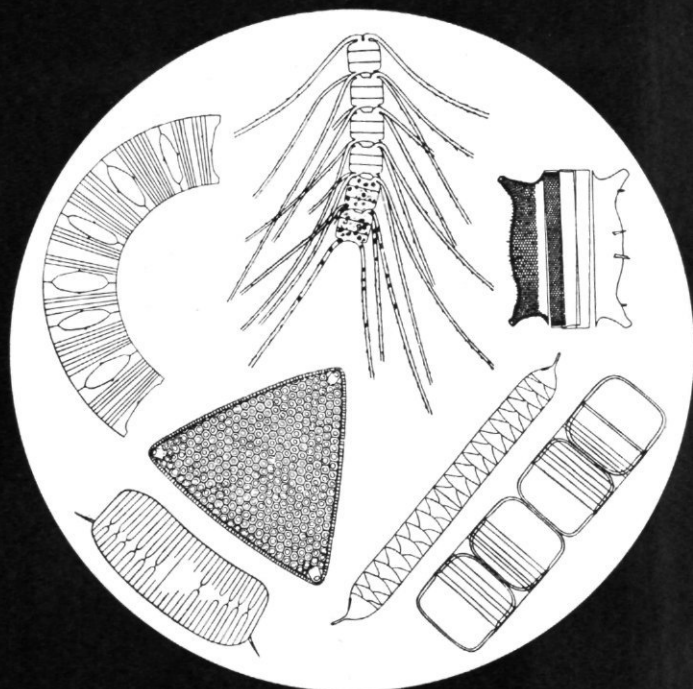
Eens hun levenscyclus beëindigd, zinken ze stilaan naar de bodem toe. Al deze organismen zweven in soms grote hoeveelheden bij het zeeoppervlak. Op sommige plaatsen gebeurt het niet zelden dat men twee of drie miljoen individuen uit een kubieke meter water filtreert. Deze grote hoeveelheid levende stof is onontbeerlijk voor de dieren in de zee.

Onder de vele factoren die de kwalitatieve schommelingen van deze massa beïnvloeden stippen wij vooral aan: de seizoenen, de levenscyclus eigen aan de verschillende soorten van deze planktonische bevolking, het aantal verbruikers. Volgens de seizoenen blijft de totale hoeveelheid nochtans vrijwel ongewijzigd.

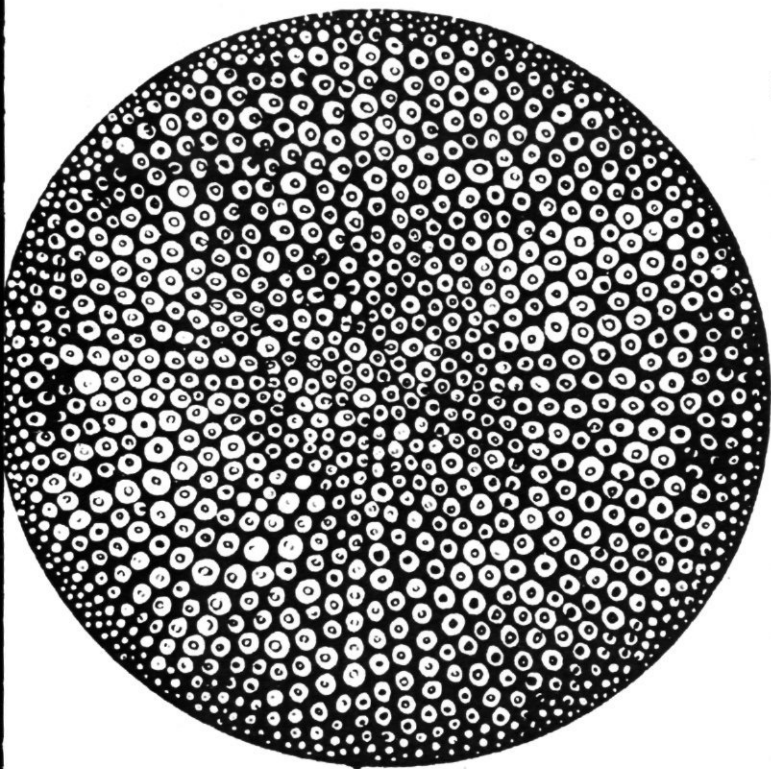
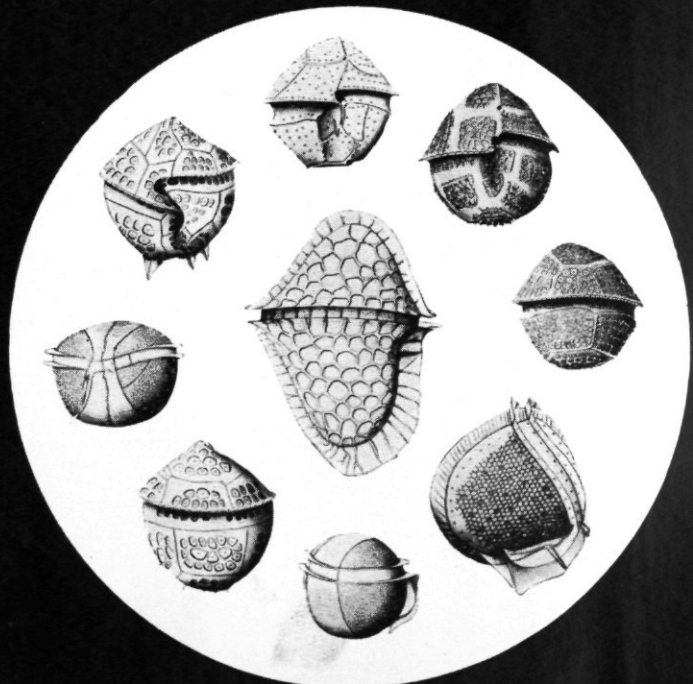
1



2



3



Diatomee. Vergr.  $\pm$  725/1.

Plaat 1. — Diatomeeën. Vergr.  $\pm$  200/1 tot 340/1.

Plaat 2. — Diatomeeën. Vergr.  $\pm$  85/1 tot 335/1.

Plaat 3. — Dinoflagellaten. Vergr.  $\pm$  230/1 tot 500/1.

Uit al het voorgaande kan men logisch afleiden dat de kennis van de ontwikkeling van vissen en andere zeedieren afhangt van de voorafgaande studie van de levenscyclus der planktonische algen of Protophyta. Deze is van zeer groot economisch belang en zal later toelaten richtlijnen voor de zeevisserij wel te omschrijven en de regels voor een beredeneerde uitbating vast te leggen. De afmetingen van de verschillende planktonelementen vertonen merkelijke verschillen. Men heeft er gebruik van gemaakt voor het opstellen van een empirische doch praktische indeling. Men beschouwt aldus vier afdelingen.

1. Het nannoplankton : elementen niet groter dan 50  $\mu$  ;
2. Het microplankton : organismen van 50  $\mu$  tot 1 mm ;
3. Het mesoplankton : organismen van 1 mm tot 5 mm ;
4. Het macroplankton : vormen groter dan 5 mm.

Voor zeer grote vormen heeft men de naam Megaloplankton voorgesteld.

Meestal zijn deze wezens kleurloos en doorzichtig. Deze eigenschap is echter niet algemeen en men kent geheel of gedeeltelijk getinte soorten : blauwe, bruine, rode, groenachtige of paarse volgens de diepte waarop ze leven. De blauwe, paarse en groenachtige schijnen kenmerkend voor de goed belichte oppervlakte, terwijl de rode kleur meestal bij de vormen uit de diepte voorkomt, waar het zonlicht schaars is of ontbreekt.

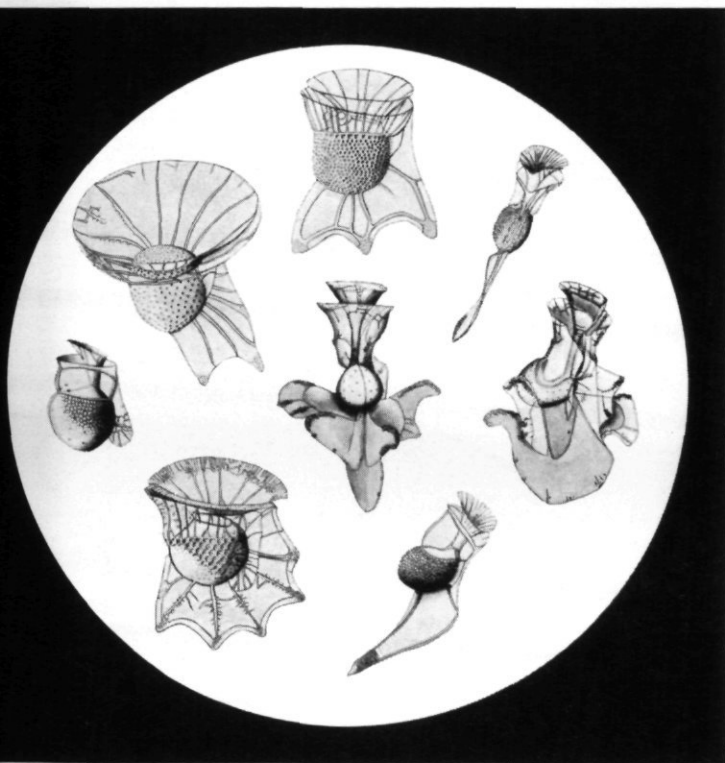
Met betrekking tot de levenswijze heeft men nog andere indelingen ingevoerd. Het holoplankton leeft uitsluitend in het pelagisch midden ; het meroplankton omvat verschillende vrijlevende stadia (larven) van de meest uiteenlopende zeedieren, ze maken slechts voor een min of meer lange tijdspanne deel uit van het plankton.

Daar het plankton zowel plantaardige als dierlijke organismen omvat, onderscheidt men dierlijk plankton (zooplankton) en plantaardig plankton (Fytoplankton). Men kent daarenboven nog verdere indelingen van het plankton ; hun opsomming en bepaling zouden ons evenwel te ver van ons onderwerp afleiden.

Wij zagen reeds dat de kwalitatieve samenstelling van het plankton, zelfs van het oppervlakteplankton, schommelt volgens de seizoenen. Dit geldt daarenboven ook voor de plaats, het uur van de dag e.a.

Een van de bijzonderste en merkwaardigste eigenschappen is de loodrechte dagelijkse verplaatsing. Bij valavond stijgen de planktonelementen naar het zeeoppervlak om er de nacht door te brengen. Dit is vooral het geval bij het dierlijk plankton. Vóór de dageraad, daalt de massa terug naar de diepte. Volgens soorten kan het hoogteverschil vele honderden meters bedragen. Dit verschijnsel is trouwens niet eigen aan de zee alléén, men kent het ook in de grote meren. Men onderscheidt dag- en nachtplankton en is er in geslaagd te bewijzen dat deze dagelijkse verplaatsing door de lichtintensiteit geregeld wordt. Bij klare ochtend heeft men inderdaad een snelle daling vastgesteld, daling sterk geremd door bewolking en afwezigheid van hevig licht. Proeven hebben aangetoond dat het licht in dit verschijnsel de doorslaggevende factor is. Ook de temperatuur van het water is van groot belang. Men heeft kunnen bewijzen dat de rijkdom van het pelagisch plankton wat betreft kwaliteit en kwantiteit, omgekeerd evenredig is met de temperatuur ; rond de 20° C zou de daling van het plankton snel optreden.

In het water oefenen vele factoren een invloed uit. De



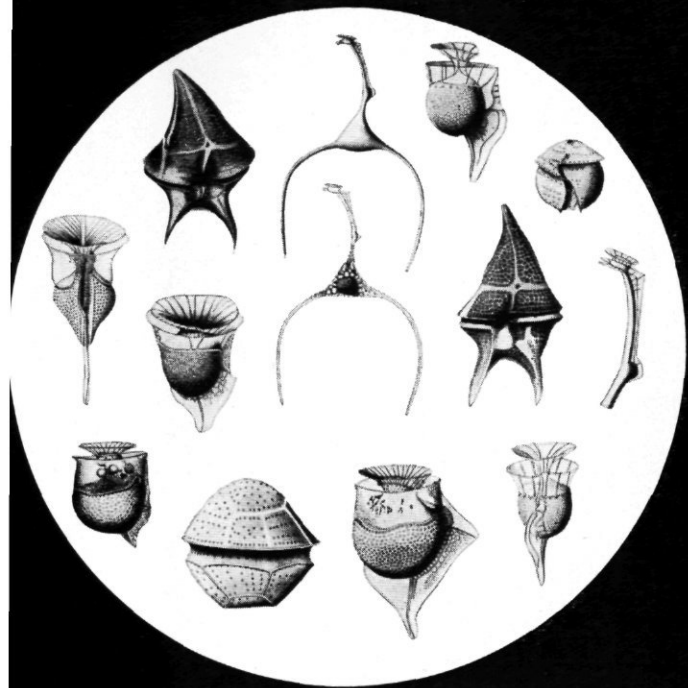
Plaat 4. — Dinoflagellaten.  
Vergroting  $\pm$  140/1 tot 510/1.

Plaat 5. — Dinoflagellaten.  
Vergroting  $\pm$  125/1 tot 520/1.

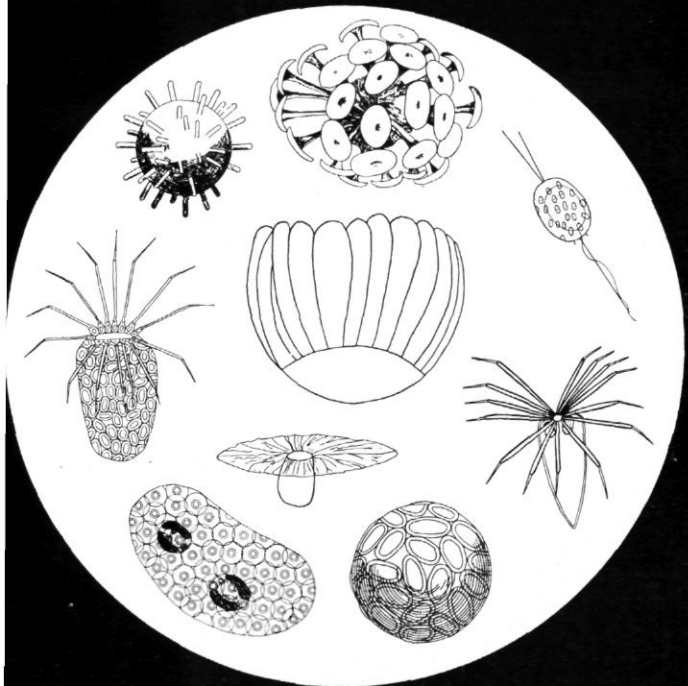
Plaat 6. — Silicoflagellaten.  
Vergroting  $\pm$  700/1 tot 1500/1.

Plaat 7. — Radiolariën.  
Vergroting  $\pm$  250/1.

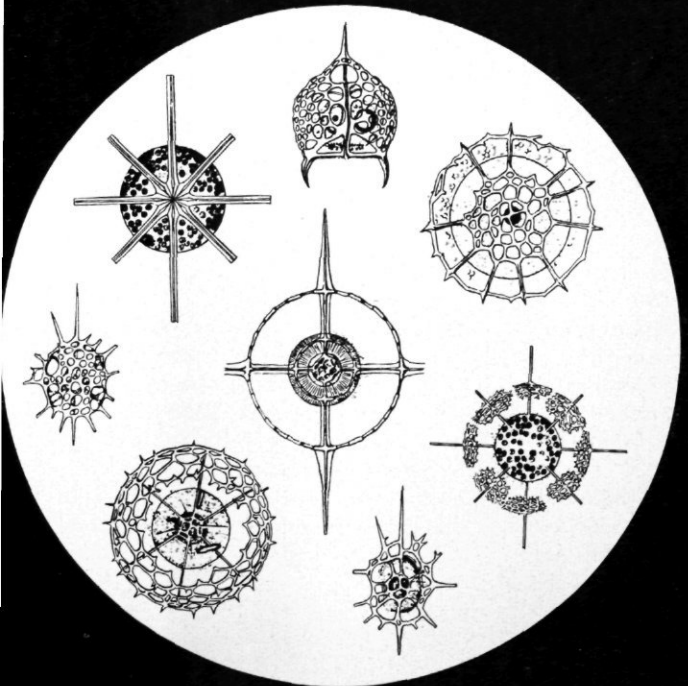
5



6



7



bijzonderste zijn : temperatuur, gehalte aan opgeloste gassen (zuurstof en koolzuurgas) en de concentratie van een reeks voedingsstoffen. Best gekend zijn temperatuur en zoutgehalte (zeezout, keukenzout of natriumchloride), daar tot nogtoe de opzoekingen betreffende de maritieme hydrografie vooral op deze twee gegevens steunden.

Wat ook de aard van de voeding van de planktonorganismen weze, de verschillende opgeloste zouten zijn door alle niet als dusdanig opneembaar.

In de eerste plaats gebruiken de chemo-synthetische Bacteriën rechtstreeks sommige minerale zouten bij middel van verschillende chemische reacties. Samen met de elementen van het phytoplankton, met hun chromoplasten (bladgroen) die hen toelaten al de reacties van de fotosynthese (bladgroenverrichting) te volbrengen, kunnen de Bacteriën als de eerste schakel in de voedingsketting beschouwd worden. Beide samen, Bacteriën en Phytoplankton, zijn de voortbrengers van de basisvoeding in het water.

Men begrijpt dan ook waarom een groot gedeelte van het plankton, het zooplankton, kwantitatief van de bedrijvigheid van het Phytoplankton afhangt. De massa van dit laatste hangt op haar beurt af van de hoeveelheid opgeloste minerale zouten, vooral nitraten (voor de stikstof) en fosfaten (voor de fosfor).

Nog andere chemische factoren zijn belangrijk. Stippen wij o.m. aan : het zoutgehalte, de pH (concentratie van de waterstofionen), de minerale zouten buiten nitraten en fosfaten, alsook enkele organische stoffen waarvan men de aanwezigheid vermoedt doch waarover onze inlichtingen nog zeer karig zijn. Ze worden van buiten uit aangevoerd, hetzij van af het land of uit de lucht, of stammen af van uitscheidingen door levende wezens, of worden gedurende de afbraak van dode stof door bacteriën voortgebracht.

Zoals op het land kent men ook in zee de verschillende cyclussen : van koolstof, stikstof, van fosfor, zwavel, enz.

De levende wezens nemen deze stoffen op uit de minerale voorraad van hun levensmidden en vormen ze tot organische stof om. Ze werken aldus aan de levensuitingen mede.

Hun werk eenmaal volbracht, keren ze tot de minerale wereld terug doorheen een ganse reeks afbraakprocessen en -reacties. Het leven steunt alzo op de kringloop van de stof, van de minerale tot de organische en omgekeerd. Deze kringloop gaat gepaard met een evenwijdige kringloop van de energie.

In de zee, bewerkt de bladgroenverrichting (fotosynthese) van de autotrofe planten de opbouw van mineraal tot organische stof. Autotrofe planten zijn deze die de eigenschap bezitten zich te kunnen voeden met anorganisch voedsel. Aldus worden koolhydraten, vetstoffen, eiwitstoffen, in een woord alle stoffen onontbeerlijk voor het leven, bij middel van buitengewoon ingewikkelde reacties voortgebracht, waarin katalyse en enzymen (fermenten) een niet geringe rol te beurt valt. Het zijn vooral de microscopische organismen van het phytoplankton die voor deze reacties in aanmerking komen.

Men is er in geslaagd al deze minerale stoffen en veel organische verbindingen aan te tonen en zelfs kwantitatief te bepalen bij middel van buitengewoon gevoelige methoden. Vele van deze stoffen zijn slechts in zeer kleine hoeveelheden voorradig.

In aanwezigheid van voldoende licht en geschikte voedingszouten, groeit de massa levende stof. Deze wordt door de planktonische dieren verbruikt die dan, op hun beurt, tot prooi dienen van grotere dieren.

De som van al deze wezens, planten en dieren, die in een gegeven hoeveelheid water leven, noemt men "biomassa". Al deze organismen ademen, nemen de aanwezige voedingsstoffen op en scheiden geheel of niet oplosbare afvalstoffen af.

Samenvattend kan men dus zeggen dat de lichtenergie door de autotrofe plantaardige cel opgevangen, zich in chemische energie omzet welke dient om met koolzuurgas en water, de koolhydraten en vetstoffen op te bouwen en vervolgens ook de fosfor- en stikstofverbindingen.

Na aanwending van al deze stoffen in de levenscyclus, keert de organische stof naar het oorspronkelijk mineraal terug, door de kringloop van stof en energie in het phytoplankton. Dit laatste kan men vrijwel beschouwen als een van de belangrijkste schakels in de dubbele

kringloop van stof en energie in de biosfeer.

De mens heeft er dus belang bij te trachten de biomassa te omschrijven en kwantitatief te bepalen om er de schommelingen van na te gaan.

De voortbrengst van de zee is dus een functie van de hoeveelheid levende organische stof in een bepaald volume water, gedurende een gegeven tijd. De nauwkeurige bepaling van de balans tussen de cyclussen van stof en energie gedurende een zekere tijd is echter vrij ingewikkeld want men heeft niet alléén af te rekenen met een reeks veranderlijken doch ook met tal van grote technische moeilijkheden. Men mag enkel vooropstellen dat de uitslagen, bekomen langs verschillende systemen om, slechts als benaderend mogen aangenomen worden. Hoe komt men aan deze gegevens? Men steunt op twee methoden.

In de eerste, plaatst men het te onderzoeken water in kiemvrije flessen en hangt deze op verschillende diepten in zee. Na meestal vierentwintig uur, meet men de afgescheiden zuurstof ofwel de aangroei van de bijzonderste algensoorten in procenten van de oorspronkelijke bevolking uitgedrukt.

Wat de tweede methode aangaat, deze werd voor het eerst gedurende de "Deense Oceanografische Expeditie" van de "Galathée" (1951) aangewend en steunt op het gebruik van het radioactief isotoop ( $C^{14}$ ) van Koolstof.

Wij kunnen slechts terloops het principe van deze methode beschrijven. Men bereidt een bepaalde oplossing van Natriumbicarbonaat die  $C^{14}$  bevat. Men verdeelt deze oplossing over kiemvrije flesjes, een kubieke centimeter telkens. Daarna vult men elk van de flesjes met het te onderzoeken water en hangt ze op een bepaalde diepte in zee gedurende een afgesproken tijd.

Onder invloed van de lichtstralen, neemt het phytoplankton uit de fles het opgeloste koolzuurgas en de  $C^{14}$  van het bicarbonaat op. Men filtreert vervolgens over een membraan, met poriën van maximum  $0,5 \mu$ , zodat al de wieren op de membraan achterblijven. Men behandelt vervolgens deze laatste, ten einde de overmaat minerale koolstof te verwijderen, plaatst ze in een GEIGER-MULLER-teller om de radioactiviteit te meten door de algen van het

phytoplankton vastgelegd. Men komt er aldus toe de opbrengsten van de fotosynthese te bepalen. De lichtsterkte op de verschillende diepten wordt ook telkens gemeten. Deze metingen worden uitgevoerd om de voortbrengst op verschillende diepten te kunnen berekenen.

Wat dit laatste betreft, schreven nog niet zolang geleden G. Tregouboff en M. Rose (1957): "door de toepassing van de nieuwe methoden op de studie van het plankton werd niets nieuws verworven doch slechts bevestigd hetgeen reeds gekend was. Het is trouwens steeds gevaarlijk de waarde van de bekomen gegevens te overdrijven want ze zijn vaak slechts in schijn nauwkeurig en hun verklaring is ver van eenvoudig. Te vroeg aangewende berekeningen op dergelijke verschijnselen blijven gevaarlijk. Wat er ook van zij, het is van groot belang dat deze opzoekingen alleszins doorgedreven worden want ze laten ons toe een massa belangrijke documenten te verzamelen waarvan het nut stilaan zal blijken. Doch, in de huidige stand van zaken, moet men niet trachten er te willen uithalen wat ze niet kunnen geven".

Alvorens te eindigen, moge nog gezegd dat de phytoplanktonische algen ongemeen rijk zijn aan eiwitten, vetstoffen, koolhydraten, provitaminen en vitaminen. Men vindt ook in het water nog oligoelementen (spoelementen) van organische oorsprong waarvan men de invloed nog maar enkel vermoedt. Het is hier de plaats niet om daarenboven nog te spreken over de aanwezigheid van remstoffen die de groei van sommige microscopische algen kunnen vertragen of zelfs doen ophouden, alsook over zekere minerale elementen, aan organische radicalen gebonden, die voorlopig, om technische redenen, nog aan alle grondiger onderzoek ontsnappen.

Al het voorgaande toont ons hoezeer de verschijnselen, die de vruchtbaarheid van het zeewater beïnvloeden, ingewikkeld zijn.

De zee wordt wel eens vergeleken met een onmetelijk laboratorium waarin de meest ingewikkelde reacties plaatsgrijpen. Sedert enkele jaren slechts is ze een van de meest onderzochte domeinen. Voornamelijk punten werden evenwel nog bijna niet aangesneden en er blijven nog veel open vragen.

# HET ZOOPLANKTON

Dr. J.H. Fraser

Voor ons mensen vormt het zoöplankton de essentiële band tussen de planten, welke de primaire voortbrengers zijn, en de vissen, die wij eten. Alleen de groene planten kunnen de energie van de zon gebruiken. Door de katalytische werking van het chlorofyl zet zij koolzuur en opgeloste natuurlijke zouten om in voedsel voor de dieren: proteïnen, koolstofhydraten en oliën. Zeer weinig vissen voeden zich echter met planten; de meesten zijn vleeseters, vandaar het belang van het zoöplankton.

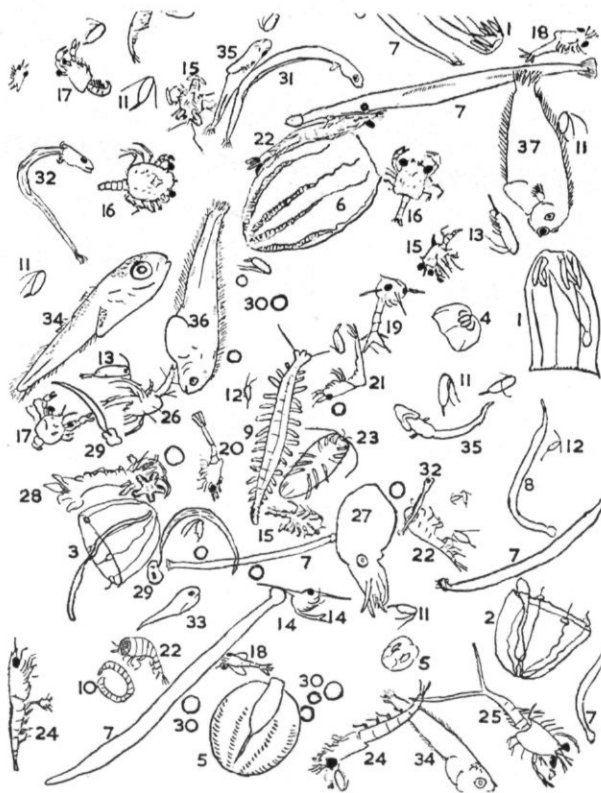
Zelfs in de zee hebben de groene planten licht nodig, zodat zij dicht bij het oppervlak moeten leven. Wanneer de diepte 30 tot 200 meter bedraagt, is het, naar gelang de helderheid van het water en de hoek van de zon, te donker voor de planten en noteert men alleen dierlijk leven.

Er bestaan natuurlijk wel dieren die op de zeebodem en zelfs in de diepste troggen leven, maar de hoeveelheid water, die rechtstreeks in contact staat met deze bodem, is gering in vergelijking met de globale inhoud der oceanen. Het grootste gedeelte van het dierlijk leven in de zeeën is van de stromingen afhankelijk. De naam "plankton" komt van het Grieks woord *πλανκτον*: hetgeen betekent wat afkomstig is van of wat passief rondzweeft. Het zoöplankton is dus een gemeenschap, een mengsel dat samengesteld is uit allerlei soorten organismen welke dit rondzwervend leven leiden. Hun grootte gaat van het allerkleinste ei tot de allergrootste zeekwal, welke laatste een diameter kan bereiken van een meter en zelfs

meer. Wat de soorten betreft, zijn alle klassen van ongewervelde dieren er vertegenwoordigd, evenals de eieren en de vissen in al de stadia van hun bestaan. Met behulp van de illustraties 1 en 2 kan men zich een idee vormen van hun verscheidenheid. Het betreft hier zeker een drijvende gemeenschap waarin elkeen op de ene of andere wijze bijdraagt tot het gemeenschapsleven en elkeen van zijn geboorteland afhankelijk is.

Deze gemeenschap biedt heel wat interessante stof voor de speurder, of hij nu specialist is in de zeebiologie of geleerde die zich slechts bekommert om de wijze waarop de andere schepsels leven. Zij heeft fascinerende aspecten voor de systematicus die de verschillende soorten bestudeert; voor de oecoloog die geboeid wordt door hun onderlinge relaties; voor de fysioloog die hun reacties en hun gedragingen bestudeert en, ten slotte, vormt zij voor de biochemicus een uitgestrekt terrein van nog niet onderzochte problemen.

De bioloog wenst steeds zijn onderwerp te rangschikken, maar wat vermag hij tegenover zo'n hoeveelheid organismen? Hij kan ze onderverdelen volgens de fysische voorwaarden, zoals de diepte, hun geografische verdeling, het zoutgehalte van het water, of eenvoudigweg in twee reeksen: het "holoplankton", dat de soorten bevat die heel hun leven in het plankton doorbrengen, en het "meroplankton" met de soorten die gedeeltelijk op de zeebodem leven of vastgehecht zijn aan de rotsen of aan de scheepsrompen. Meestal vindt men deze laatsten in het plankton in larve-



Het diagram met de nummers die het mogelijk maken de op deze foto voorgestelde dieren te herkennen.

**Medusen :**

- 1 *Aglantha*, 2 *Sarsia*, 3 *Dipurena*, 4 *Bougainvillia*

**Ribkwallen :**

- 5 *Pleurabrachia*, 6 *Beroe*

**Pijlwormen :**

- 7 *Sagitta elegans*, 8 *Sagitta setosa*

**Wormen :**

- 9 *Tomopteris*, 10 *Pocillocheatus*

**Roeisprietigen :**

- 11 *Calanus*, 12 *Metridia*, 13 *Anomalocera*

**Larven van Schaaldieren :**

- 14 Helmkrab, 15 Hystaskrab, 16 Portunuskrab, 17 Heremietkreeft, Springkreeften, 18 *Galathea*, 19 *Munida*, 20 Ringsprietgarnaal, 21 Grijs garnaal (*Nematocarcimus*)

**Schaaldieren :**

- 22 Vlokkreeft (*Themisto*), 23 Zeepissebed (*Eurydice*), 24 Lichtgarnaal (*Thysanopoda*), 25 Langoestelarve (*Nephrops*), 26 Larve van een Hoogzeegarnaal (*Sergestes*)

**Inktvis :**

- 27 *Eledone*

**Zeester :**

- 28 Zeesterlarve

**Roeisprietigen :**

- 29 *Oikopleura*

**Vissen :**

- 30 eieren, 31 Haring, 32 Zandaal, 33 Zeevijl, 34 Schelvis, 35 Kabeljauw, 36 Tong-schar, 37 Schol (Foto: J.H. Fraser).



achtige toestand ; de krabben en de kreeften, de zeepokken, de zee-sterren, de koralen en de sponzen zijn er voorbeelden van, evenals de vissen zoals de botten, de schelvis en de heilbotten.

Laat ons enkele der belangrijkste en meest geheimzinnige vormen bestuderen welke nog slechts weinig mensen gezien hebben. De meeste onder hen zijn te klein om te kunnen opgemerkt worden zonder het gebruik van een vergrootglas of een microscoop. Velen bereiken echter de grootte van een rijstkorrel, maar in het leven maakt hun doorzichtigheid hen nochtans moeilijk waarneembaar. Men kan zich een idee vormen van hun veelheid tijdens een warme zomeravond door de vonkjes die het onstuimig water in het zog van een schip fosforizerend verlichten of langs de kop van een golf die uiteenspat. Er zijn zoveel werken aan de "Natuur" gewijd en zoveel schoolboeken behandelen



het dierlijk leven van het stilstaand water dat het plankton van zoet water ons vertrouwd is. Het zeeplankton is gelijkaardig, maar uiterst gevarieerd.

Er zijn minuskule Protozoa, waarvan sommigen schalen hebben met ingewikkelde tekeningen; die zich gedurende lange geologische perioden in het slijk, op de bodem der zeeën, hebben neergezet. De schalen van de Radiolariën zijn kiezelachtig en die van de Foraminiferen kalkachtig. Verschillende soorten Foraminiferen hebben geleefd in omstandigheden met verschillende temperaturen. Hun vertikale verdeling in een cilinder, die als een staal in het slijk van de zeebodem genomen werd, kan, indien hij naar boven werd gehaald zonder dooreengeschud te zijn, de tijdvakken en de klimaatverschillen van verschillende geologische perioden onthullen.

De groep, die onmiddellijk volgt op de zoölogische schaal in opgaande lijn, is die van de Holidieren, waartoe de zeekwallen en hun gelijken behoren. De baders weten heel goed dat bepaalde zeekwallen (illustratie II, 3 en 4) uiterst onaangename steken kunnen veroorzaken. Dit maakt hen omzichtig tegenover andere, nochtans geheel ongevaarlijke soorten (illustratie II, 5).

In algemene regel bemerken wij slechts de grote zeekwal die zich lui samentrekt in het water of vormloos op het strand kleeft. Er bestaat nochtans een heel wat groter aantal kleine bijna doorzichtige zeekwallen (illustratie II, 6, 7 en 8), die in de mariene voedselcyclus heel wat meer belang hebben. Niettegenstaande hun onschadelijk voorkomen en hun onbekwaamheid hun prooi te vervolgen, behoren zij tot de meest vraatzuchtige vleeseters van de zee. De grotere zeekwallen vangen hun slachtoffers door lange vezels door het water te laten slepen. Bij de grote stekende "Cyanea" (illustratie II, 4), die bruin of blauw is en een diameter van meer dan een meter kan bereiken, kunnen deze vangarmen een lengte hebben van meer dan 10 meter, men heeft er zelfs genoteerd van bij de 40 meter! De dieren, die rondzwemmen, raken verward in die vezels welke hen verlammen. De kleine zeekwallen van 1 tot 10 cm slagen erin, niettegenstaande hun blindheid, de aan-

wezigheid aan te voelen van een planktonisch dier dat zwemt of van een jonge vis door de turbulentie die deze veroorzaakt. Zij ontrollen dan, met een nauwkeurigheid die nooit faalt, een vezel of een lange buisvormige mond om hun prooi te vatten. Die is dan als verlamd alvorens haar bruuske bewegingen de tere zeekwal kan onschadelijk maken.

De Pijlwormen (Chaetognata) maken een andere groep van actieve vleeseters uit (illustratie II, 9). Deze zeer doorzichtige dieren hebben meestal een lengte die geen twee centimeter bedraagt, alhoewel er eveneens heel wat groter oceaan-soorten bestaan. Hun koppen zijn in het bezit van zeer stevige unciforme kaken. Zij bewegen zich met plotse sprongen of met langzame trillerige bewegingen en zijn in staat, dank zij hun uitzetbare keelholte, andere dieren of vissen te verslinden die bijna zo groot zijn als zijzelf.

Er zijn niet veel echt planktonische wormen (illustraties I, 8 en 10) noch planktonische weekdieren, alhoewel bepaalde bestaande soorten, "zeevlinders" genaamd, zeer talrijk kunnen zijn. Eén ervan, *Spiratella* genaamd (illustratie II, 10), heeft een grijze of zwarte schelp van ongeveer 1/2 mm op 2 mm en zweeft een donkere sepiakleurstof uit. Hij wordt dikwijls door haringen verorberd, die dan "de zwarte buik" hebben, zodat zij niet goed blijven en slecht verkocht worden. Op de grond bestaan er een groot aantal insekten en weinig schaaldieren (de zeepissebed bijvoorbeeld); in zoet water leven de twee groepen samen, maar waar er in zee zeer weinig insekten bestaan, vindt men er integendeel veel schaaldieren.

De klasse der Schaaldieren, de vruchtbaarste - trouwens zeer belangrijk in de voedselketen tussen de planten en de vissen - wordt vertegenwoordigd door de Roesprietigen of Copepoda (dieren met roesprietten) (illustratie II, 12 en 13). De grootte schommelt tussen 1/2 en 12 mm, alhoewel de meesten minstens 4 mm lengte meten. Velen voeden zich rechtstreeks met planten die zich nabij het zeeoppervlak bevinden; anderen zijn vleeseters of voeden zich met afval. Eén der meest bekenden is de *Calanus* (illustratie II, 12), een planteneter. Rijk aan roodachtige olie is hij het

voedsel bij uitstek voor de haring en de makreel. Er bestaan eveneens veel Schaaldieren die aan de garnaal doen denken; sommigen worden om handelsdoeleinden gevangen ten einde er een soort van garnaal-pastei mee te maken. Anderen, de "krills", *Euphasia superba*, maken het voornaamste voedsel uit van de baardwalvissen. Men kan zich een idee vormen van de overvloed aan krills in de antarktische zeeën en van hun voedende waarde door de groei van de blauwe walvis gade te slaan. Wanneer hij door zijn moeder gevoed wordt, tijdens de periode van zogafscheiding, zal een jonge walvis met een halve ton per week in gewicht toenemen; vervolgens, zal hij, wanneer hij zichzelf voedt, in twee jaar een gewicht van 70 ton bereiken. De Noordse krill (illustratie II, 14) is er in onze noordelijke breedtegraden het ekwivalent van, maar de vermenigvuldiging geschiedt niet in zo'n snel tempo.

Nog hoger op de zoölogische schaal treft men de Zakpijpen (Ascidiacea), die op het eerste gezicht de indruk geven zeer eenvoudige schepsels, zo al niet een soort zeekwal te zijn, maar die echter de rudimenten bezitten van een notochorde, voorloper van de wervelkolom. Sommigen, zoals de Appendikulariën (illustratie II, 16), zijn dieren die op dikkoppen gelijken. Zij scheiden een huis in dril af, waarin zij wonen. Zij voeden zich met minuskule planktonische planten, die zij doorheen kleine openingen in de wanden van het huis ziften. Anderen, de Glaspippen (Thaliacea) (illustratie II, 17) en de Doliolaria, zijn groter, meten over 't algemeen 1 tot 5 centimeter en soms zelfs nog veel meer. Zij vermenigvuldigen zich zeer snel door een uitbottings-systeem, zodat zij zich, wanneer de voorwaarden gunstig zijn, op een twaalfal dagen verhonderdvoudigen. Aldus kunnen uitgestrekte gebieden met dergelijke drilvormige schepsels ontstaan, die tot 20.000 vierkante mijl beslaan. Het zijn eveneens filterende eters. Zij halen de planten met zo'n geweldige hoeveelheden uit het water dat zij de zee virtueel haar primaire produktie kunnen ontfutselen, aldus aan de rest van het zoöplankton geen voedsel meer overlatend.

Aan dit uitgebreid tabel dienen eveneens de planktonische larven

gevoegd van de schepsels die op de bodem leven. Sommige van deze larven doen zich als volwassenen in miniatuur voor, maar bijna allen doen niet herinneren aan wat men er kan van verwachten, gezien hun erg verschillende levenswijze (illustratie II, 18-27). De voortbrengst van een groot aantal eieren - of van zaden, wanneer het planten betreft - is één van de natuurlijke methoden, zodat er genoeg in leven blijven om het ras voort te zetten. Op het land worden de zaden verspreid door de wind of door de dieren overgebracht. Zij sluimeren in tot de voorwaarden, gunstig voor de ontwikkeling, verenigd zijn. In de zee daarentegen kunnen de verspreidingen door de bewegingen van het water begeleid gaan van een actief drijven, stadia van voeding en aangroei. Door elke zeepok op de rotsen, door elke zeester op de bodem van de zee, worden duizenden eieren verspreid

Een selectie dieren van het zoöplankton, waarvan de grootte schommelt tussen 0,1 mm en 1 meter (De meduse nr. 4). De verticale lijnen vertegenwoordigen 0,1 mm, de horizontale 1 mm en de gebroken 1 cm. Deze tekeningen werden gekozen uit het boek "Nature adrift" met de welwillende toestemming van de uitgever van de heer G.T. Foulis uit Londen.

Protozoa :

- 1 Raderdiertje,
- 2 Gaatjesdiertje (*Globigerina bulloides*)

Holtdier :

- 3 Portugees oorlogsschip (*Physalia*)

Medusen :

- 4 Netelkwal (*Physalia*)
- 5 Oorkwal (*Aurelia*)
- 6 *Dipurena ophiogaster*
- 7 *Bougainvillia principis*
- 8 Ribkwal (*Pleurobrachia*)

Pijlworm :

- 9 *Sagitta elegans*

Weekdieren :

- 10 Zeeslak (*Spiratella retroversa*)
- 11 Inktvis (*Sepia*)

Schaaldieren :

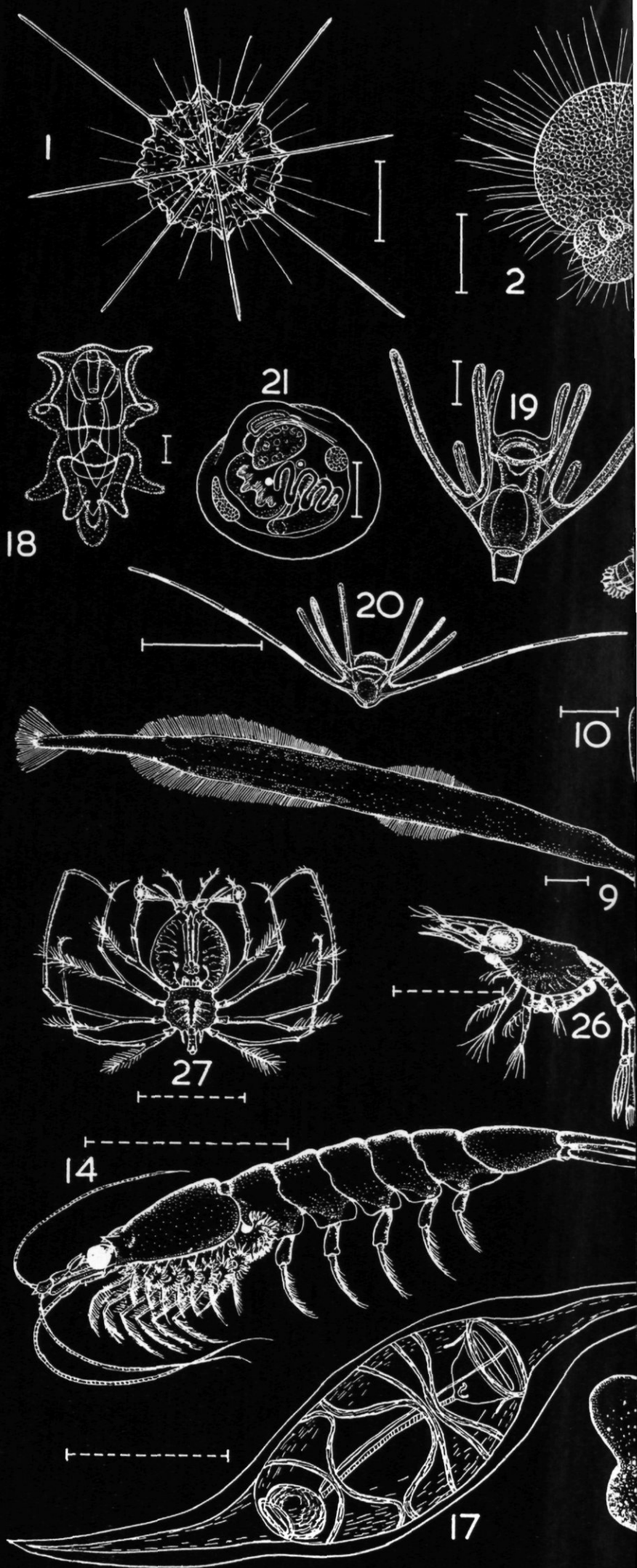
- 12 Calaniden (*Calanus*)
- 13 Calaniden (*Temora*)
- 14 Lichtgarnalen-"krill" (*Meganyctiphanes*)
- 15 Vlokkreeftje (*Themisto*)

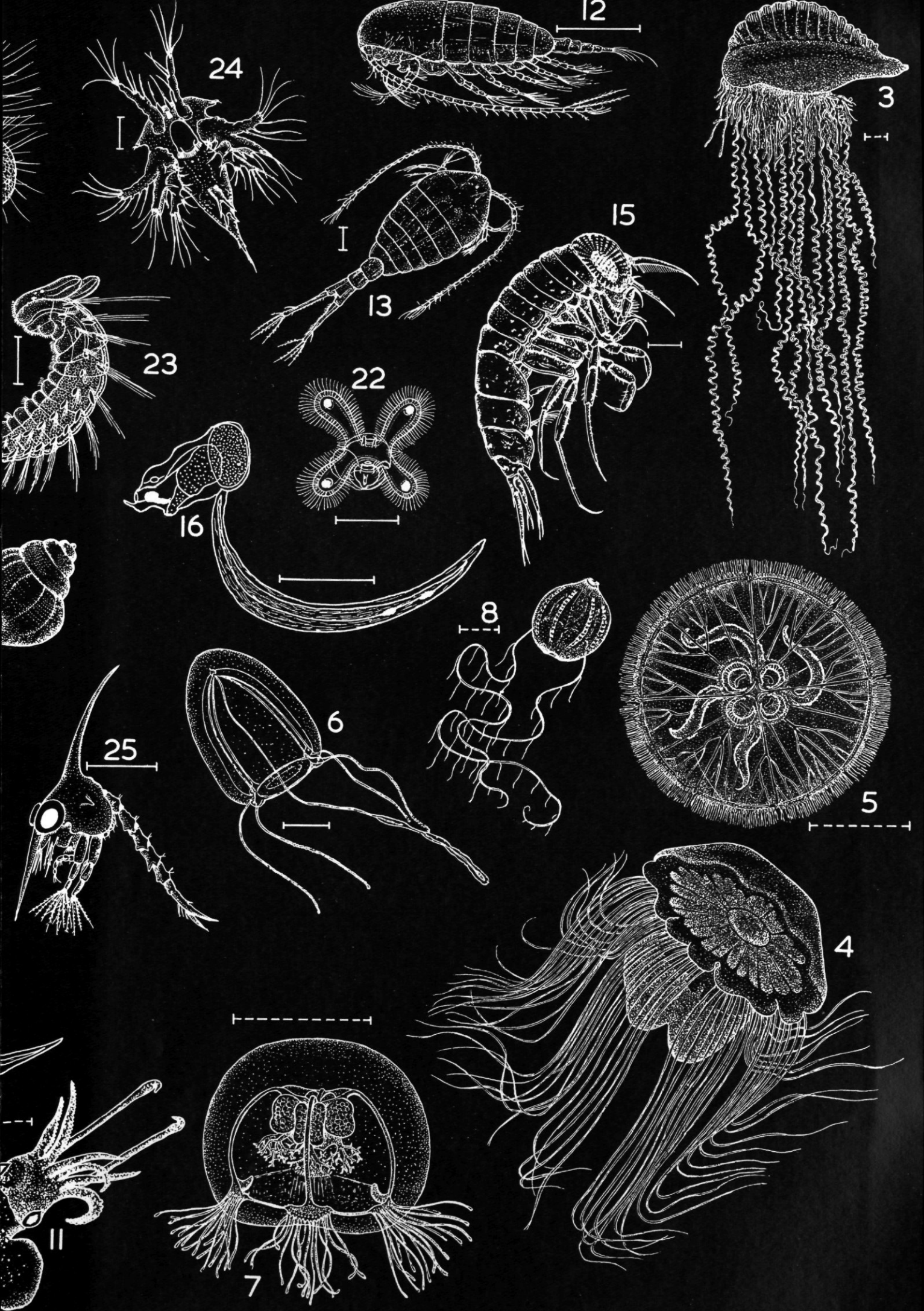
Manteldieren :

- 16 Appendicularie (*Oikopleura*)
- 17 Glaspijp (*Salpa fusiformis*)

Dierenlarven die op de bodem leven :

- 18 Zeester
- 19 Zeeëgel
- 20 Slangster
- 21 Mossel
- 22 Fuikhoren (*Nassarius*)
- 23 *Nephtys*-worm
- 24 Witte Balaan
- 25 Krab
- 26 Springkreeft (*Munida*)
- 27 Pantserkreeft-fyllosoom





in de oceaan. Soms ook worden de eieren gedragen tot ze openbarsten zoals bij de garnaal en de pantserkreeft. Hoe beter de ouders ze verzorgen hoe lager het sterfterisico voor de eieren. De jongeren maken dan deel uit van het plankton, ofwel voor een korte periode, zoals bij de meeste weekdieren - oesters, mosselen, enz. - ofwel gedurende een langere periode zoals bij de Schaaldieren - krabben en kreeften. De larve van de kreeft is plat en blad-vormig (illustratie II, 27) ; zij kan in het plankton gedurende verscheidene maanden of langer leven en over lange afstanden meegevoerd worden. De kreeften planten zich enkel in warm water voort, maar zij kunnen in tamelijk fris water leven. Men heeft volwassen kreeften gevonden in bepaalde fjorden van Noorwegen en ter hoogte van de kusten van Schotland. Zij waren afgedreven als planktonische larven en afkomstig van plaatsen die zover verwijderd zijn als de Golf van Gascogne, die tijdens de voortplanting door die Schaaldieren bezocht worden.

De verspreiding van het plankton in larveachtige toestand maakt de kolonizatie mogelijk van gelijk welke geschikte bodem. Dit heeft voor gevolg dat de scheepsrompen vuil worden en de zeewaterleidingen, de waterkranen en de brandmonden verstopt raken. Niettegenstaande verven aangewend worden tegen de bezoedeling, dienen de scheepsrompen regelmatig afgekrabt, wat voor de handel tijdverlies met zich brengt. De leidingen moeten worden afgebroken om ze te kunnen reinigen, aangezien de jonge larven te

**Voor elke balaan  
op de rotsen,  
voor elke zeester  
op de bodem  
van de zee  
worden duizenden  
eieren in de  
oceaan verspreid**

klein zijn om ze door filtrering uit het water te verwijderen en een debiet te bewaren dat toereikend is. Eenmaal daar geïnstalleerd verleent de bestendige toevoer van water hen ideale voorwaarden voor hun aangroei : zij vinden er het voedsel, de zuurstof, in en worden beschermd tegen elke rover. Indien men te lang wacht om de leidingen te reinigen, zullen deze verstopt raken of zullen er hopen schelpen loskomen en de verlaten of de buizen met kleiner opening, die zeer moeilijk toegankelijk zijn, blokkeren.

Sommige dieren, die op de bodem leven, zijn uitzonderlijk moeilijk wat de juiste structuur betreft van de bodem waarop zij leven. Zij zijn ertoe in staat de metamorfoze van hun planktonische larve in volwassen dieër uit te stellen totdat zij de gewenste voorwaarden hebben gevonden. Velen slagen daar vanzelfsprekend nooit in. Anderen worden opgegeten door vleesetende soorten of sterven omdat zij te weinig voedsel hebben of over geen levensruimte beschikken. Op die wijze wordt de populatiedichtheid steeds ongeveer op hetzelfde peil gehouden. Wanneer er teveel overlevenden zijn, zal er meer voedsel zijn voor de rovers, waarvan de aangroei zal helpen om het evenwicht te helpen herstellen.

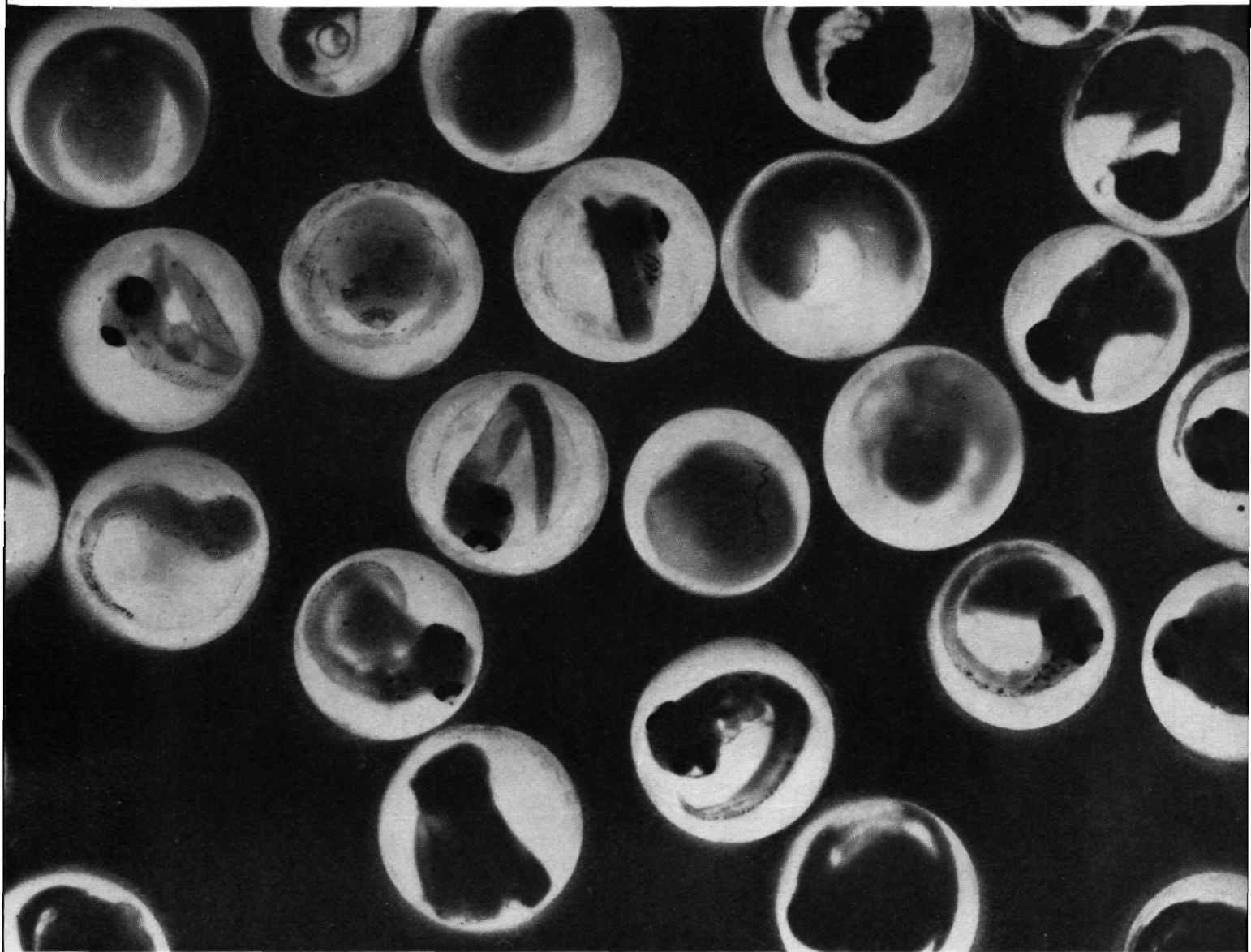
Het zoöplankton, dat samengesteld is uit levende dieren, is voor zijn eigen bestaan schatplichtig aan het voedsel. Deze afhankelijkheid is zowel voor ons als voor hen belangrijk. Hun zo geografische als seizoenovervloed wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid voedsel. Dit geldt ook voor de vissen welke voor het menselijk verbruik bestemd zijn.

In het zeeplankton hangen de planten, als primaire voortbrengers, niet enkel van het licht af, doch tevens van de hoeveelheid voedende zouten - fosfaten, nitraten, enz. - en van minstens enkele vitamines. Warm water is lichter dan koud en in tropische gebieden blijft het aan de oppervlakte. In die gebieden verbruiken de planten de voedende elementen zo vlug dat zij door de dieren uitgescheiden of na hun dood geregenereerd worden. Bijgevolg is het rendement gering niettegenstaande de warmte en het licht. In de tropengebieden vindt men een grote verscheidenheid zoöplankto-

nische soorten, doch hun hoeveelheden zijn zeer gering en hun voedende waarde betrekkelijk arm. In de poolstreken is er geen warme laag aan de oppervlakte en bestaat er bijgevolg geen enkele hindernis voor een mengsel. De voedende elementen bevinden zich in overvloed aan het wateroppervlak en de planten ontwikkelen zich zo lang er licht is. Er is daar dus een zoöplanktonische populatie die zich met die overvloed aan voedingswaren bevoorraadt ; de soorten zijn niet zo talrijk als in de tropen, maar zij zijn rijk aan vetten en proteïnes en vormen een uitstekende voedende waarde voor de rovers, de vissen inbegrepen.

In de gematigde streken, zoals de Noordzee, groeien de planten vlug in het begin van de lente, wanneer het licht beter wordt, maar zij verzwakken tijdens de zomer wanneer de verhitting van de oppervlakte de zonatie van de waterlagen veroorzaakt en de dieren de planten afgrazen. In de herfst, wanneer de temperatuur laag is, ontstaat opnieuw een mengsel, en kunnen er zich meer dieren met een tweede oogst voeden.

De grootste produktie heeft vanzelfsprekend plaats wanneer een diep, aan voedende elementen rijk, water ertoe genoopt wordt in de tropen naar de oppervlakte te stijgen. Dit verschijnsel kan te wijten zijn ofwel aan diepe stromingen die tegen de klip van een continentale drempel stuiten ofwel eveneens aan een bestendige landwind, die het uitgeputte oppervlaktewater naar zee blaast zodat het diepe water weer stijgt ter vervanging. Overal waar de planten zich vermenigvuldigen, bevinden er zich dieren om ze op te eten. Dit gebeurt aan de onvruchtbare kust van Peru, waar de belangrijke produktie van plankton gepaard gaat met grote hoeveelheden ansjovis en zeevogels, die er zich mee voeden. Dit heeft rijke voorraden guano voor gevolg, welke lange tijd een waardevolle bron van meststoffen betekende. Op onze dagen vangen de Peruvianen natuurlijk de ansjovissen en hun jaarlijkse vangst bedraagt tegenwoordig een 7 miljoen ton : van alle landen van de wereld is dit één der aanzienlijkste rendementen in vis. De ansjovissen, met weinig kosten gedroogd in de zon, worden ge-



Viseieren met embryo's die zich binnenin ontwikkelen (Foto : J.H. Fraser)

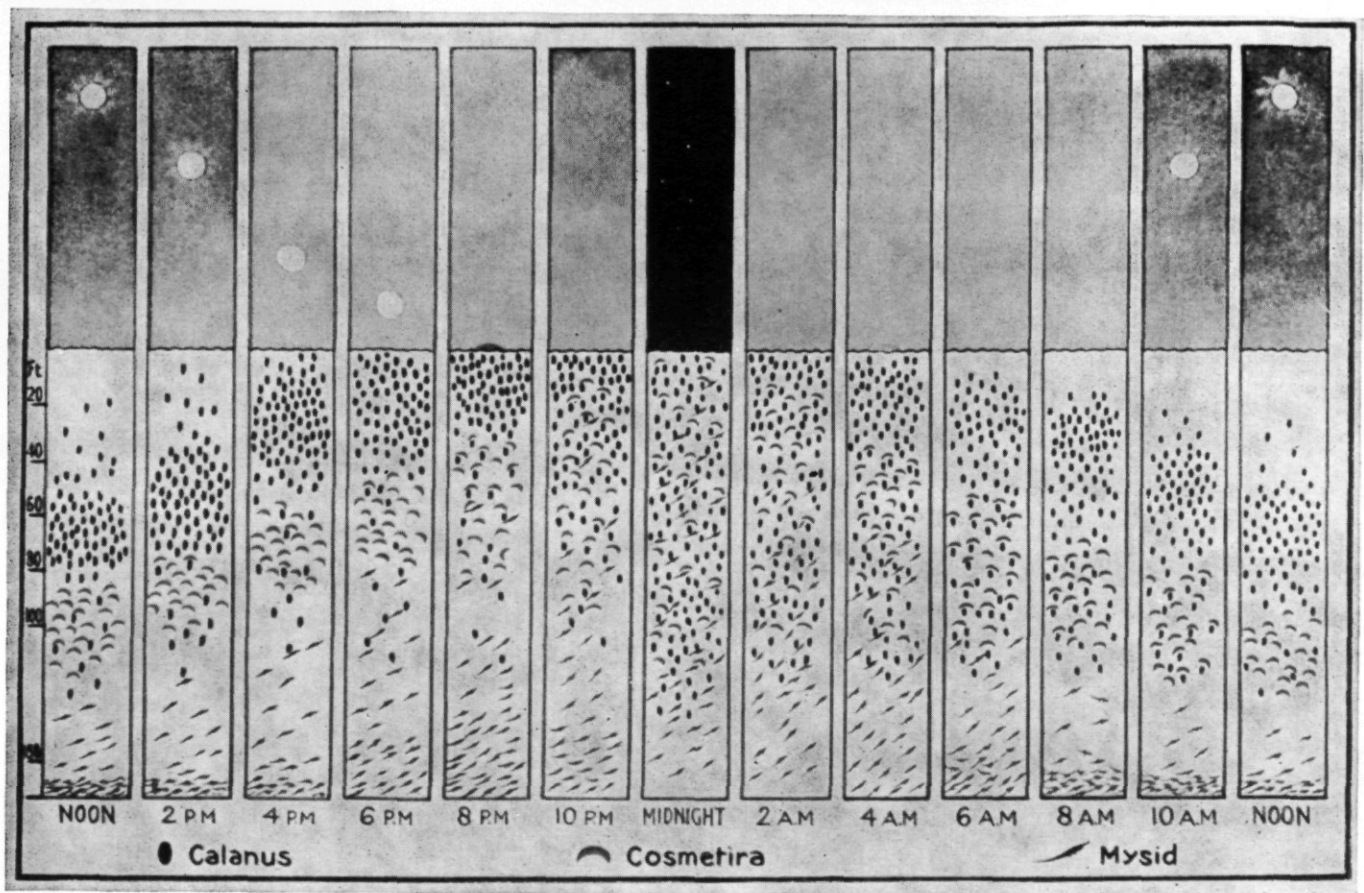
bruikt om visbloem te maken. Het baart dus geen verwondering dat deze produktie de Europese markt heeft ondersteboven gesmeten en wel in funktie van een plaatselijke overvloed aan plankton.

Elk levend wezen voedt zich en kan, op zijn beurt, als voedsel dienen. Wanneer het sterft, wordt het gedesintegreerd door de bakteriën en de produkten van deze desintegratie vormen met de bakteriën het voedsel van de organismen die de in het water rondzwevende deeltjes filtreren. De planteneters, de actieve vleeseters, de eters van afval en de zifters vormen de voedselschaal. Elk scheidt zijn metabolische produkten

uit en scheidt hormonen, vitamines en andere bestanddelen af die de groei bevorderen en waaraan anderen behoefte hebben : aldus draagt ieder bij tot het gemeenschappelijk leven en leeft er van. In de zee gaat niets verloren, uitgezonderd de vissen die wij vangen en dit verlies wordt ruim vergoed door het afloopwater en de van het land gedraïneerde meststoffen.

Eén der aspecten van de gedragingen van het zoöplankton, dat grote belangstelling wekt, is de dagelijkse verticale migratie, 's nachts naar de oppervlakte en in volle dag naar de diepte. Dit verschijnsel trof, reeds lange tijd geleden, de biologen, die

het plankton vingen bij middel van netten op verschillende diepten, vierentwintig uur per dag. Onlangs hechte men er nochtans meer belang aan, vermits men deze migratie nu kan zien op de echopeilers aan boord van de schepen. Deze instrumenten zenden een geluidsgolf uit, die dan op de bodem van de zee gereflekteerd wordt : de echo ervan wordt opgevangen en aan boord elektrisch vergroot. De tijd, die de echo nodig heeft om terug naar het schip te komen, hangt vanzelfsprekend af van de diepte. Door konversie van de elektrische impuls in een zichtbaar teken op een papierband die wordt afgerold,



Vertikale migratie van dierlijk plankton in relatie met het zonnelicht. (Bron: "The Seas". Blz. 128 Pl. 48) Illustratie V

bekomt men een reproductie van de bodem van de zee.

Indien het instrument gevoelig genoeg is, zal het ook de aanwezigheid van vissen of andere hindernissen registreren die in de baan van het geluid opduiken. Bepaalde moderne instrumenten kunnen eveneens de densiteit van het plankton geven. Zelfs de middelmatig gevoelige toestellen slagen erin een planktonische zeebodem - de "diffusielaag" - te registreren, die in de duisternis stijgt en overdag opnieuw zakt. Zulke laag kan in het diepe water goed zichtbaar zijn, zelfs wanneer een merkelijke hoeveelheid licht haar niet kan bereiken. De klankverspreiders kunnen waarschijnlijk kleine vissen zijn of andere grote planktonische organismen, die zelf luisteren naar een type-houding of hun voedsel volgen, dat onzichtbaar is op de echopeilregistreerder.

Waarom gedraagt het zoöplankton zich op dergelijke manier? Kleine schepsels, met niet meer dan 3 mm lengte, stijgen en dalen dagelijks enkele 100 meter. De planten bevinden zich steeds nabij de oppervlakte wanneer het donker is. Mogelijk stijgen de planteneters om zich te voeden en dalen zij opnieuw zodra het dag wordt, ten einde niet opgemerkt en opgegeten te worden door de rovers. Ofwel zenden de planten in het water, tijdens hun

fotosynthese, een afscheiding uit die de dieren niet graag hebben, ofwel verdragen de dieren geen te sterk licht en heeft hun vertikale migratie slechts voor doel hen toe te laten zo dicht mogelijk nabij de optimale lichtsterkte te blijven. Wij weten trouwens dat velen onder hen gevoelig zijn aan lage lichtsterkeschommelingen. Geen enkel van deze onderstellingen verklaart nochtans al de feiten. Het lijkt waarschijnlijk dat de dieren er eerder meer voordeel bij hebben zich snel te voeden in de betrekkelijk warme bovenste lagen waar zich het voedsel gekoncentreerd heeft. Vervolgens nemen zij rust in het frisser diepe water en bewaren aldus de voor de voortplanting vereiste energie. Het licht zou dan slechts de stimulans zijn waarop het ritme gebaseerd is. Wat wordt er van de vis in dit ingewikkeld stelsel van onderlinge afhankelijkheid? Er zijn twee voorname aspecten in ogenschouw te nemen: zijn voedsel en zijn aangroei enerzijds, zijn voortbrengst anderzijds.

In de voedselcyclus zijn de vissen schatplichtig aan het zoöplankton voor hun voedsel. Dit is op rechtstreekse wijze het geval voor de haring, de sprot, de makreel en de tong, die in de bovenste lagen van de zee zwemmen. Daar waar er veel zoöplankton is, is hun voort-

planting goed. De voeding kan ook op onrechtstreekse wijze geschieden ten nadele van het zoöplankton, zoals voor de vissen die op de bodem van de zee leven: de schol, de tarbot, de schelvis en de meeste van degenen welke wij in de viswinkel aantreffen. Zij voeden zich met wormen, krabben, weekdieren of andere vissen, die zelf schatplichtig zijn geweest aan het plankton of de afval van het plankton, voor hun eigen voedsel. De eerste stadia van deze organismen zijn trouwens over 't algemeen planktonisch geweest; zij werden in het plankton gevoed, zodat de verdeling en de overvloed aan voedsel van de vissen beide nauw met het plankton verbonden zijn.

De meeste vissen leggen een zeer groot aantal minuskule eieren, hetgeen bevestigd wordt wanneer men de eieren gadeslaat van de kabeljauw in de viswinkel. De haringen leggen hun eieren in een soort tapijt neer die op de bodem van de zee vastgehecht is, maar de meeste andere eieren drijven vrij in het water rond, als integrerend deel van het plankton (illustratie III).

Wanneer de jonge vissen uitbreken, maken zij eveneens deel uit van het plankton, zonder de haringen uit te sluiten. Net als kippeëieren bevatten de viseieren een gele stof (vitellus) waarmee het embryo zich tijdens

zijn groei voedt. Dit voedsel is verbruikt op het ogenblik dat het ei breekt en de jonge vis moet zich dan zelf voeden. De pootvissen zijn nog heel klein, zij meten meestal 4 tot 6 mm en kunnen nog niet heel ver zwemmen om hun voedsel te zoeken. Er moet er dus ter plaatse voldoende voorhanden zijn en in hoedanigheid en afmeting aangepast zijn aan hun kleine mond. Velen vinden niet genoeg voedsel en verkwijnen.

Een groot aantal eieren en kleine vissen worden door de vleeseters in het plankton verscheurd: het is puik voedsel maar er zijn grote hoeveelheden nodig om er een goed maal mee te maken! Op hun beurt worden zij door andere grotere vissen opgegeten; de pijlwormen - Sagitta - doen hetzelfde maar de ergste boosdoeners zijn de kleine zeekwallen die men moeilijk kan waarnemen. De gewone zeekwal, die men zo dikwijls op het strand "geplakt" ziet (illustratie II, 5) - een bleekblauwe dril met een diameter van een 20 cm en vier "hoefijzers" (de gonaden) - eet plankton, wanneer zij volwassen is. Maar kleine zeekwallen, die geen 2 cm meten (illustratie IV), eten kleine vissen van hun grootte! Soms hebben kleine zeekwallen verscheidene jonge vissen tegelijkertijd in hun spijsverteringsholten.

Volgens berekeningen schat men dat gemiddeld ongeveer 10% van alle zeer jonge vissen alle dagen verloren gaan. Maar soms minder en soms heel wat meer. Op een gegeven aantal van 1.000 pas uitgekomen vissen blijven er de volgende dag slechts 900 over, vervolgens 810, 729, enz. en uiteindelijk zouden er niet meer dan veertig overblijven op het einde van de maand.

De jonge vissen eten niet enkel plankton, maar zij dienen tevens tot prooi. Zij zijn afgedreven door de beweging van het water en worden soms naar plaatsen gevoerd waar de bodem amper geschikt is voor hun latere ontwikkeling: te rotsachtig, te zanderig of te diep, zodat er nog meer van verdwijnen. Alhoewel de verliezen zo zwaar zijn, is het overleven van enkelen slechts

mogelijk dank zij de overvloed aan gelegde eieren. De rekrutering van jonge vissen voor het in stand houden van de commerciële voorraden hangt niet zodanig van de gelegde eieren af dan wel van wat er achteraf mee gebeurt.

Het aantal gelegde eieren varieert - het jaarlijks cijfer van een half miljoen eieren en dit gedurende vier jaar zou redelijk zijn voor één enkele vrouwelijke kabeljauw of schelvis - hetzij in totaal 2 miljoen eieren. Het volstaat dat 2 vissen, een mannelijke en een vrouwelijke, volwassen worden om een bestedige reserve aan te leggen. De rest levert, op de een of andere manier, voedsel aan andere levende soorten, de mens inbegrepen.

Dit sterftcijfer ter grootte van 99,9999%, evenaart tienmaal de proportionele hoeveelheid die vereist is om het voortbestaan te verzekeren. Maar indien iedere zeekwal slechts één enkele kleine vis zou meer eten, zou hierdoor een volledige ontredding ontstaan. Het verrast dus geenszins dat het aantal jonge vissen, bestemd voor de commerciële voorraad, het ene jaar tot het andere van 1 tot 500 kan schommelen.

Maar de meest verrassende zaak - gezien het uitzonderlijk belang welke het plankton voor elk marien

leven heeft - zowel voor de visser, die er zijn broodwinning aan te danken heeft, als voor de rest van de mensensoort, in hoedanigheid van verbruikers, de meest verrassende zaak dus, is het klein aantal personen dat aan deze kwestie gedacht heeft en er zich voor interesseert. En het is nochtans een zeer winstgevende studie...

#### BIBLIOGRAFIE

##### A. ALGEMEEN

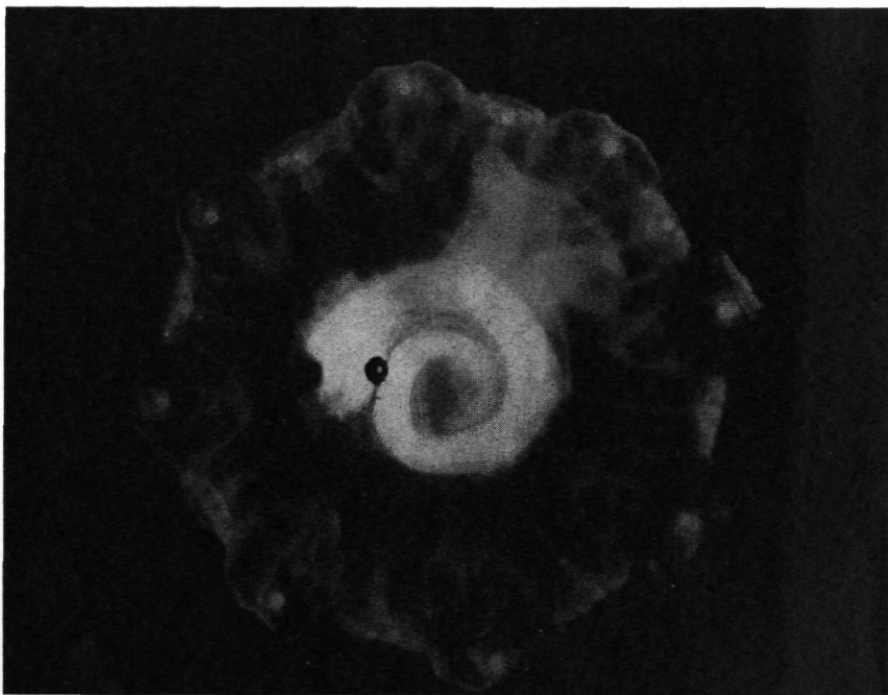
1. "Nature Adriatic" James Fraser, Foulis & Co. London 1962.
2. "The Open Sea" Alister Hardy, Collins New Naturalist No 34, London 1956.
3. "The Seas", F.S. Russell and C.M. Yonge, Frederick Warne London, revised edition 1963.

##### B. IDENTIFIKATIE VAN HET ZOOPLANKTON

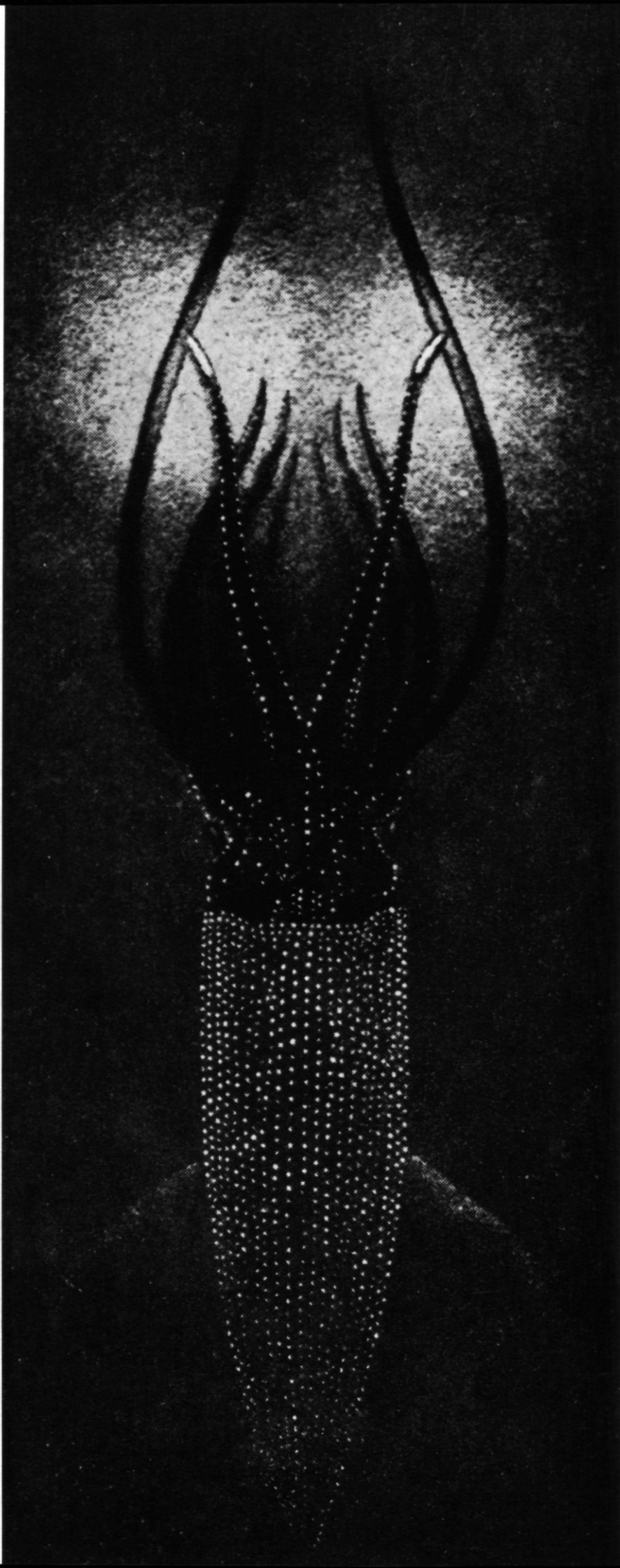
4. "Manuel de Planctologie Méditerranéenne" G. Tregouboff et M. Rose, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris 1957.
5. "Marine Plankton", G.E. and R.C. Newell Hutchison Educational, London 1963.
6. Identifikatiesteekkaarten van het Zoöplankton van de Internationale Raad voor de Exploratie van de Zee, Kopenhagen, 1949. Evenals talrijke boekdelen van "Faune de France", Office Central de Faunistique, Paris.

##### C. LEKTUUR VOOR SPECIALISTEN

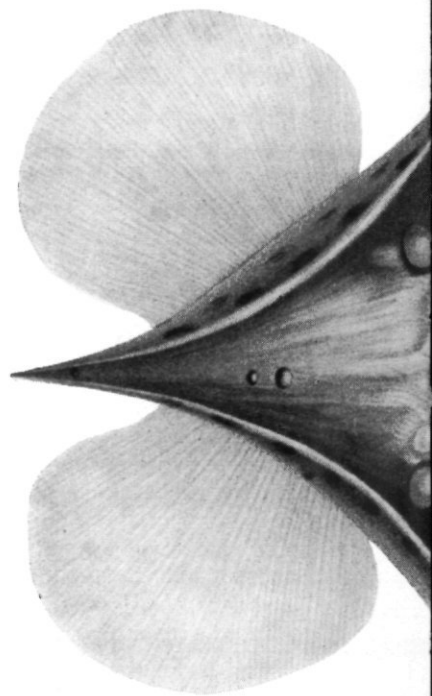
7. "Plankton and Productivity in the Oceans", J.E.G. Raymont Pergamon, 1963.



Kleine kwal met slechts 5 mm diameter, welke een jonge haring heeft verorberd (Foto: J.H. Fraser)



*Watasenia scintillans* (Berry), bathypelagische lichtgevende inktvis; lichaamslengte:  $\pm 6$  cm (naar M. Sasaki, 1914). Hij wordt voor consumptie gebruikt en tegenwoordig in diepvries in Europa ingevoerd.

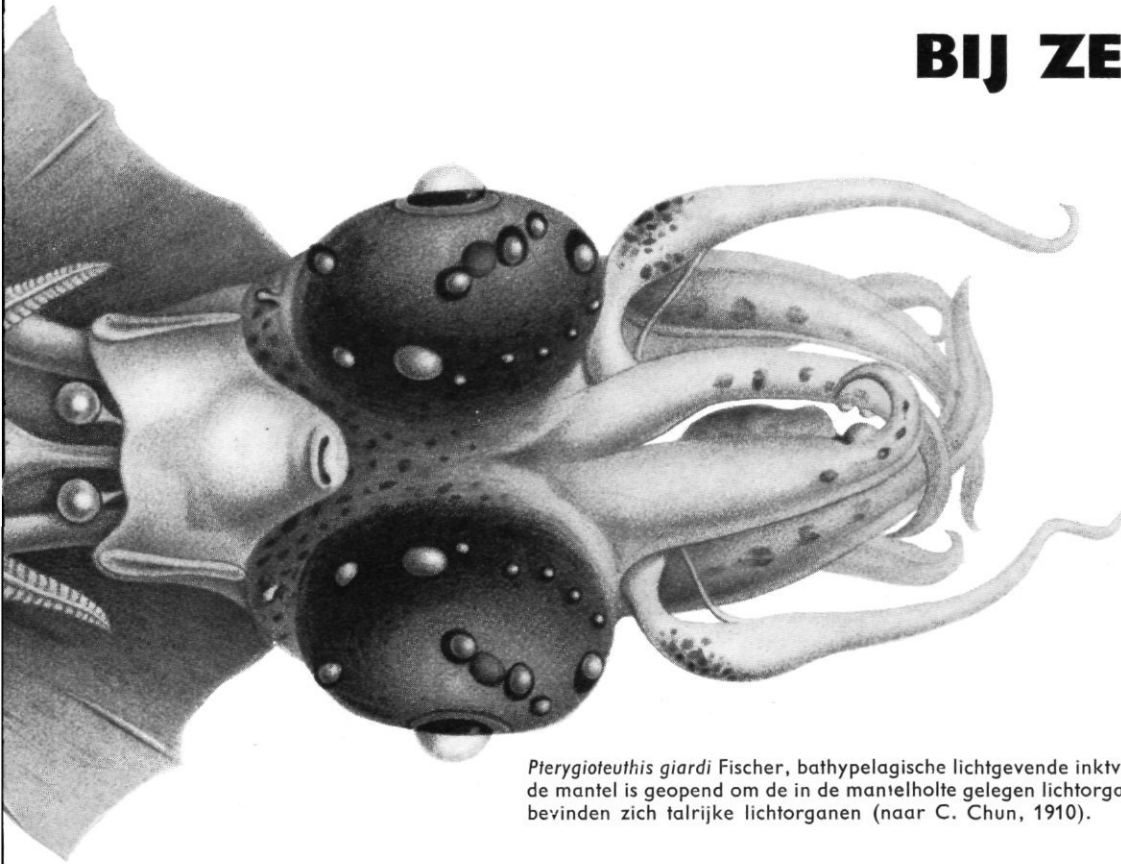


Het woord fosforescentie wordt gewoonlijk gebezigd om het lichtgevend vermogen van levende organismen en andere verschijnselen van lichtvoortbrenging zonder warmte aan te duiden. Het is juister om het woord fosforescentie alleen te gebruiken voor stoffen zoals fosfor, die in het donker licht geven nadat ze eerst de energie van bepaalde stralen geabsorbeerd hebben. Bij voorkeur spreken wij van bioluminescentie wanneer levende organismen licht voortbrengen, maar in dit artikel zullen wij het woord fosforescentie in zijn algemene betekenis gebruiken.

In onze moderne wereld, waarin alles kunstmatig verlicht is en wij ons, behalve wanneer we slapen, zelden in het duister bevinden, hebben weinig mensen de gelegen-



# FOSFORESCENTIE EN LICHTGEVENDE ORGANEN BIJ ZEEDIEREN



Prof. Dr.  
W. Adam

*Pterygioteuthis giardi* Fischer, bathypelagische lichtgevende inktvis ; lichaamslengte :  $\pm 1,5$  cm ; de mantel is geopend om de in de mantelholte gelegen lichtorganen te tonen ; op de oogballen bevinden zich talrijke lichtorganen (naar C. Chun, 1910).

heid om verschijnselen van bioluminescentie waar te nemen. Wanneer men 's zomers buiten een avondwandeling maakt, ziet men soms in het gras een glimworm, die helemaal geen worm is, maar een kever waarvan het wijfje ongevleugeld is en het mannetje in de maand juni zijn lichtende nachtelijke vluchten maakt. Een enkele keer hebben wij de gelegenheid het lichten van de zee te bewonderen of in het bos een stuk vermolmd hout te ontdekken, dat een zwak schijnsel verspreidt, veroorzaakt door lichtgevende zwammen. Voor dat er ijskasten gebruikt werden, gebeurde het wel eens dat men in de kelder een lichtend stuk vis of vlees zag. Eén van mijn professoren in de dierkunde vertelde ons, dat hij als student een kamer gehuurd had bij

een slager. Toen hij laat op een avond door de onverlichte winkel binnenkwam, zag hij tot zijn verbazing dat al het vlees lichtgevend was. In deze gevallen is het noch de vis, noch het vlees dat lichtgevend is, maar zijn het lichtgevende bacteriën die zich op deze voedingswaren ontwikkelen zonder dat deze verrot behoeven te zijn. Maar om ten volle te kunnen genieten van het onvergetelijke schouwspel van lichtgevende organismen in al zijn pracht moet men de warme lichtende zeeën bevaren, de sprookjesachtige nachtelijke vluchten van ontelbare lichtgevende insecten in een tropisch oerwoud kunnen bewonderen of de beroemde gloeiwormgrot in Nieuw Zeeland bezoeken. Sinds Aristoteles hebben de geleer-

den zich met het probleem van de fosforescentie, die geheimzinnige eigenschap om licht voort te brengen, bezig gehouden. Aanvankelijk beperkten hun opzoekingen zich enerzijds tot de lichtvoortbrenging van dode stof van dierlijke of plantaardige oorsprong, zoals vis, vlees, zelfs menselijke lijken, ongewervelde dieren, hout, aardappelen, vruchten, enz., anderzijds tot het lichten van de zee of van zeedieren. Reeds in 1668 stelde de natuurkundige Robert Boyle vast, dat het lichten van vis of van hout afhankelijk is van de aanwezigheid van lucht ; nu weten wij dat zuurstof er de onontbeerlijke factor voor is. Pas na de uitvinding van de microscoop en vooral na de verbetering van dat instrument heeft men de oorzaak van dit lichten aan bacte-

riën of aan andere micro-organismen kunnen toeschrijven. In aansluiting aan zijn waarnemingen over het lichten van de zee, had Baker reeds in 1742 verondersteld dat het lichten van vis of vlees aan kleine diertjes toegeschreven moest worden, maar de meeste geleerden zochten de oorzaak in scheikundige reacties, welke de rotting en ontbinding van organische stoffen zouden begeleiden. Pas in 1853 wees Heller een organisme, *Sarcina lutea*, aan als oorzaak van het fosforiseren van vlees en schreef hij het lichten van vochtig hout toe aan het mycelium van een zwam, *Rhizomorpha noctiluca*. Sindsdien zijn de opzoekingen op het gebied van de bioluminescentie ononderbroken voortgezet.

Tegenwoordig weten wij dat de fosforescentie van onze voedingswaren of van dieren heel vaak haar oorsprong vindt in lichtgevende bacteriën. Bij levende dieren kan hun associatie met bacteriën zich onder verschillende vormen voordoen. In bepaalde gevallen infecteren deze bacteriën het dier als een parasitaire ziekte en kunnen zij het zelfs doden. Maar meestal leven de bacteriën in symbiose met hun gastheer, in bepaalde klieren of in soms zeer gespecialiseerde organen, de fotoforen. Deze bacteriën kunnen in het laboratorium geïsoleerd en gekweekt worden op kunstmatige voedingsbodems. Zij kunnen gebruikt worden om kleine hoeveelheden zuurstof aan te tonen, bij voorbeeld bij opzoekingen over de fotosynthese van planten, of om de ondoorlaatbaarheid van bacteriologische filters te controleren. Men heeft zelfs voorgesteld ze te gebruiken voor de verlichting van bewaarplaatsen van ontplofbare stoffen. Het lichten van bacteriën schijnt geen biologisch belang voor deze organismen te hebben; het is een verschijnsel dat zijn oorsprong heeft in hun stofwisseling maar dat hiervoor niet onontbeerlijk is. Men vermoedt dat de lichtvoortbrenging afhankelijk is van twee scheikundige stoffen, luciferine en luciferase, welke in aanwezigheid van zuurstof met elkaar reageren. De aanwezigheid van zuurstof schijnt altijd onontbeerlijk te zijn, maar andere factoren kunnen de voortbrenging van licht begunstigen of verhinderen. Wanneer het lichten van een levend

dier ononderbroken plaatsheeft, is het meestal aan bacteriën toe te schrijven; indien het met tussenpozen optreedt en zich slechts na prikkeling van het dier openbaart, is het 't dier zelf dat licht produceert. Het lichten van de zee is sinds onheuglijke tijden door alle zeevaarders waargenomen, vooral door hen die warme zeeën bevoeren. De oorsprong van dit lichten is heel lang raadselachtig gebleven.

In de 18<sup>e</sup> eeuw schreef Benjamin Franklin het aanvankelijk toe aan de wrijving van zoutmoleculen welke elektrische vonken zou veroorzaken.

Later verwierp hij deze hypothese ten gunste van de mogelijkheid dat het aan kleine diertjes toe te schrijven zou zijn. Verschillende reizigers hadden vastgesteld dat, indien men zeewater door een doek filterde, deze laatste lichtgevend werd, terwijl het gefiltreerde water zijn lichtgevend vermogen verloor. Het bleek inderdaad dat het lichten van de zee in de eerste plaats veroorzaakt wordt door eencellige micro-organismen, Radiolariën en Dinoflagellaten. Van deze laatste groep was de zeevonk, *Noctiluca*, die een doorsnede van 0,5 tot 1 millimeter kan bereiken, reeds in 1753 door Baker waargenomen, maar kleinere vormen werden pas in de 19<sup>e</sup> eeuw ontdekt, toen de microscopen voldoende geperfectioneerd waren om ze waar te nemen. De Dinoflagellaten ontwikkelen zich soms in zulke grote hoeveelheden in de zee dat ze deze rood of geel kleuren. Ze kunnen in hoge mate giftig zijn en een grote sterfte onder de vissen veroorzaken. Soms zijn ze zelfs gevaarlijk voor de mens indien hij mosselen eet die zich met deze micro-organismen gevoed hebben, of wanneer langs de kusten de wind het zeeschuim het land inblaast en ze door de luchtwegen in het menselijk organisme binnendringen. In tegenstelling tot de bacteriën, die ononderbroken fosforiseren, lichten de Dinoflagellaten uitsluitend gedurende de nacht en pas na een mechanische prikkel. Ik herinner mij, dat ik gedurende een reis met de Mercator 's nachts plankton gevestigd had en dat het net op het dek te drogen hing. Iedere keer als men het nog vochtige net aanraakte begon het plotseling te lichten. Naast dit lichten van de zee, dat

door micro-organismen veroorzaakt wordt, bestaan er talrijke lichtgevende dieren in bijna alle klassen van het dierenrijk. Hun licht vermengt zich met dat van de micro-organismen, dat men aan de oppervlakte van de zee waarneemt, of het schittert in de diepten waar weinig mensen de kans krijgen het te bewonderen.

Onder de holtedieren zijn vele soorten poliepen, kwallen, buiskwallen, Gorgonariën, Alcyonariën en Pennatulariën lichtgevend, maar het lichtgevend vermogen schijnt te ontbreken bij koralen en zeeanemonen. Sinds Plinius is het fosforiseren van kwallen, die door deze schrijver "zeelongen" genoemd werden, door vele natuuronderzoekers waargenomen en bestudeerd. Het lichten treedt slechts na een prikkel op. Hetzelfde geldt voor lichtgevende poliepen die pas sinds het begin van de 19<sup>e</sup> eeuw waargenomen werden. Evenals de Radiolariën kunnen kwallen ook in afwezigheid van zuurstof licht voortbrengen. In sommige gevallen heeft men de afscheiding van een lichtende stof door de klieren van de huid van deze dieren vastgesteld.

Waarschijnlijk zijn alle ribkwallen lichtgevend, maar uitsluitend 's nachts. Bij deze doorzichtige dieren schijnen de fotogene cellen de geslachtsorganen te omgeven.

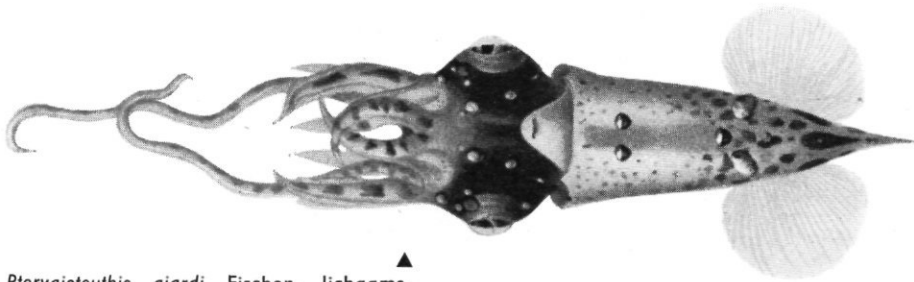
Bij verschillende groepen wormen treffen wij lichtgevende soorten aan, zoals de pelagische gelede wormen van het geslacht *Tomopteris*, wier lichtorganen zich op de parapodiën bevinden. Het verschijnsel treedt ook op bij Chaetopteriden, die in kokers in het zand leven en een lichtend slijm afscheiden. Aangezien palingen zich met deze wormen voeden door ze uit hun koker te trekken, vermoedt men dat het lichten dient om hun vijanden af te schrikken.

Bij weekdieren vinden wij niet alleen verschillende vormen van lichtproductie, maar ook lichtgevende organen, die vaak even ingewikkeld gebouwd zijn als die van de vissen. De Nudibranchia, schelploze weekdieren die met hun fantastische vormen en prachtige kleuren tot de fraaiste organismen behoren, bezitten soms fotogene cellen in hun huid.

Onder de Bivalvia (tweekleppigen) zijn de lichtgevende organen van

*Abrialopsis morisii* (Vérany), lichaams-  
lengte:  $\pm$  2 cm (naar C. Chun, 1910).

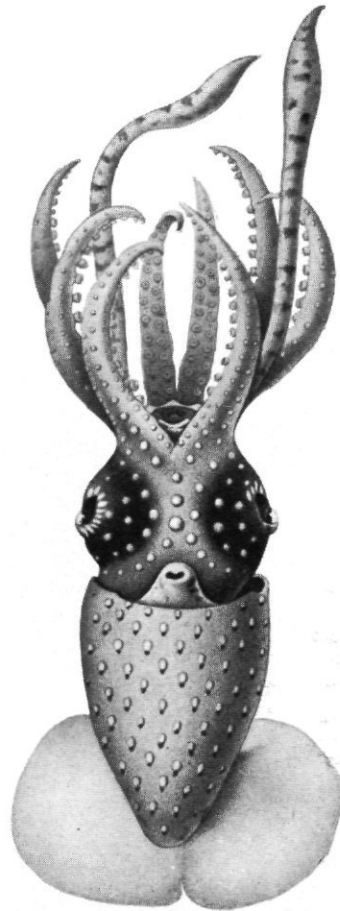
## Bathypelagische lichtgevende inktvissen



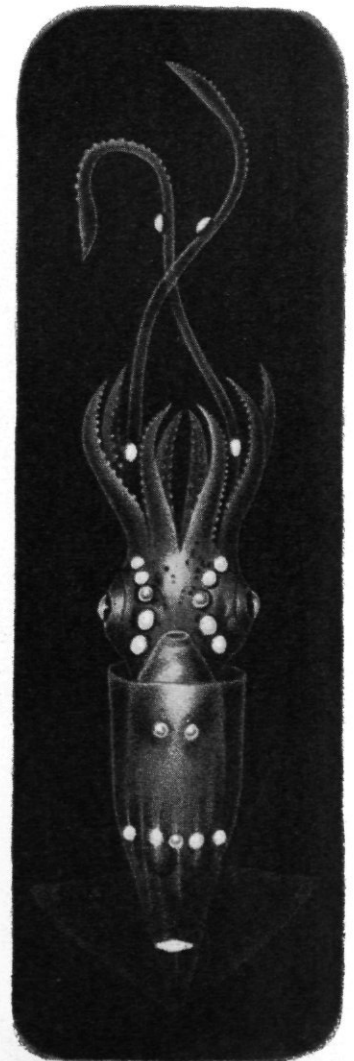
*Pterygioteuthis giardi* Fischer, lichaams-  
lengte: 1,2 cm (naar C. Chun, 1910).



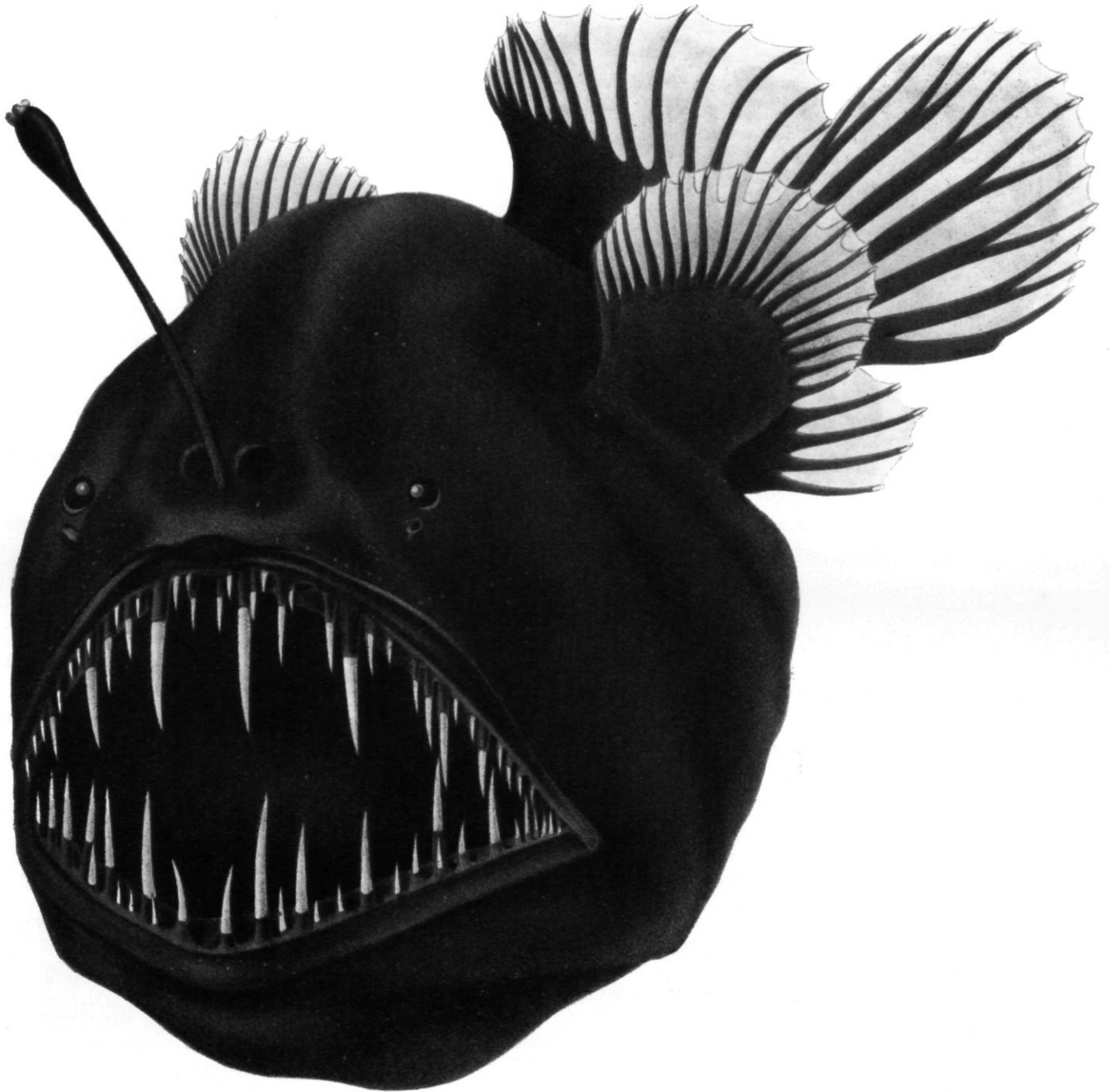
*Histioteuthis* sp., jong exemplaar met een  
lichaamslengte van  $\pm$  6 mm (naar C. Chun,  
1910).



*Thaumatolampas diadema* Chun, lichaams-  
lengte: 8 cm (naar C. Chun, 1910).



*Melanocetus krechi* Brauer, diepzeevis die met de zeeduivel verwant is en aan het uiteinde van het uitsteeksel van de rugvin een lichtorgaan bezit; lichaamslengte: 4,5 cm (naar A. Brauer, 1906-1908).



*Calliteuthis hoylei* (Goodrich), bathypelagische inktvis; microscopische lengtedoorsnede door een lichtorgaan van  $\pm 0,7$  mm (naar C. Chun, 1910); chr. = chromatofoor; c.sq. = schubvormige cellen van de reflector; l. = lens; n. = zenuwen; pg. = pigment; phot. = lichtgevend weefsel; refl. = reflector; spec. = spiegel; x. = bindweefsel.

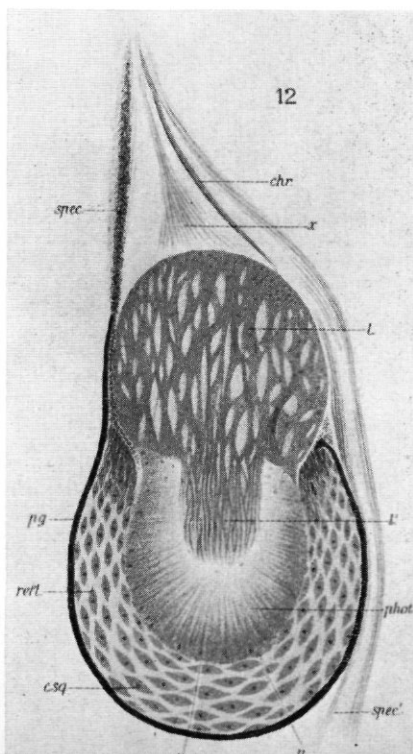
de boormossel *Pholas dactylus*, die zijn holen in rotsen boort, reeds door Plinius waargenomen. De beroemde Franse natuurkundige Réaumur wijdde er in 1723 een verhandeling aan en bevestigde de vaststelling van Plinius, dat het lichtende vocht van dit dier de mond en de handen van hen die het eten verlicht. Indien het levende dier gestoord wordt, spuit het een lichtend slijm uit zijn ademhalingsbuis. Maar in de groep van de inktvissen is het lichtgevend vermogen het meest verbreid en ontwikkeld. Hoewel ze tot de weekdieren behoren, zijn de inktvissen het nauwst verwant met de gewervelde dieren wat de ontwikkeling van hun zenuwstelsel, de snelheid van hun bewegingen en de volmaakte bouw van hun ogen betreft. Sommige soorten kunnen enorme afmetingen bereiken, hun tentakels zijn soms meer dan tien meter lang, en zij hebben vaak aanleiding gegeven tot verhalen over "zeemonsters". Het lichten van deze dieren kan zich op drie verschillende wijzen voordoen. In het eerste geval, dat wij vooral bij *Sepiola* en *Loligo* aantreffen, is er een samenleving met lichtgevende bacteriën welke in één of twee klieren huizen, die zich in de mantelholte vlak bij de inktzak bevinden. Hoewel deze klieren altijd aanwezig zijn, kunnen de bacteriën en bijgevolg het lichten ontbreken bij sommige exemplaren van een zelfde soort. In het tweede geval kan het

dier een lichtgevend afscheidingsprodukt voortbrengen. Wij vinden dit bij één enkele abyssale soort, *Heteroteuthis dispar*, waarbij deze stof afkomstig is uit een dubbele bij de anus gelegen klier. Alleen wanneer het dier gestoord wordt, spuit het zijn lichtende stof uit. Bij de meeste inktvissen spuit het gestoorde dier een inkt uit, welke zich in het water verspreidt als een rookscherm waarachter het dier de vlucht neemt door een achterwaartse verplaatsing. *Heteroteuthis* bezit een kleine inktzak waaruit een geringe hoeveelheid inkt gespoten kan worden. Aangezien deze inkt in het donker geen enkel nut heeft, veronderstelt men dat hij vervangen wordt door de lichtende afscheiding om de aandacht van een vijand af te leiden. Ten slotte bezitten vele inktvissen echte fotoforen met een intracellulaire lichtvoortbrenging, waarvan slechts weinige onderzoekers het geluk hebben gehad ze in werking te zien. Aangezien deze pelagische soorten vaak meer of minder doorschijnend zijn, zou een waarnemer, die met een bathysfeer of een bathyscaaf naar de diepte gaat, eventueel het lichtspel kunnen bewonderen zonder de vorm van het dier te onderscheiden. Gedurende de Valdivia-expeditie heeft C. Chun gelegenheid gehad een van de mooiste soorten, *Thaumatomolampas diadema*, die op een diepte van 3000 meter gevangen was, levend waar te nemen. Dit dier bezit vijf fotoforen op de onderkant van elke oogbol, acht op de buikzijde van zijn lichaam in de mantelholte en twee paar op zijn vangarmen. De middelste oogfotoforen schitterden met een ultramarijn-blauw licht, de zijdelingse met een parelglans; de voorste lichaamsfotoforen verbreedden een robijn-rood licht, de achterste een wit of parelachtig schijnsel, behalve de middelste die hemelsblauw was. De meerderheid van de talrijke soorten die fotoforen bezitten zijn nooit levend waargenomen. Deze organen, waarvan men nochtans vermoedt dat ze lichtgevend zijn, kunnen zich op de kop, de armen, de ogen, de mantel en zelfs binnen in de mantelholte bevinden, doorgaans aan de onderkant van het dier.

Het microscopisch onderzoek van deze fotoforen onthult een soms zeer gecompliceerde bouw: het

fotogene weefsel is naar de binnenkant van het lichaam omgeven door een soort reflector, begrensd door een scherm van zwart pigment dat hem van de onderliggende weefsels scheidt, terwijl zich boven het fotogene weefsel een of meer lenzen bevinden die het licht concentreren; het geheel is van buiten bedekt met chromatoforen die de lichtbundel doorlaten wanneer ze zich samentrekken en het afschermen wanneer ze zich ontspannen. Soms zijn deze organen heel klein, verborgen in het huidweefsel, en zijn ze lang aan de aandacht ontsnapt totdat men bij toeval hun lichtgevend vermogen opmerkt. Voor zoverre ze bij het levende dier bestudeerd zijn, treden al deze organen slechts in werking na een prikkel. Hun betekenis is onbekend, misschien dienen ze om een prooi aan te lokken, om de omgeving te verlichten, om het de geslachten mogelijk te maken elkaar te vinden, of om een vijand af te schrikken, maar niets hiervan is met zekerheid bekend. Een andere soort, *Watasenia scintillans*, die de diepten van de Japanse zeeën bewoont, komt in het voorjaar naar de oppervlakte om zich voort te planten. In deze periode vangen de vissers er ieder jaar 1000 ton van die ze gebruiken als mest.

Onder de schaaldieren kunnen sommige soorten lichtgevend zijn als gevolg van een bacteriële infectie die hen trouwens kan doden. Anderen, zoals de Copepoden en Ostracoden, brengen zelf licht voort. Deze laatsten zijn kleine kreeftjes, voorzien van een tweekleppig schelpje dat hun gehele lichaam bedekt. Reeds in 1760 had Godeheu de Riville deze diertjes afgebeeld, die de oorzaak waren van het lichten van de zee dat hij in 1754 in de Indische Oceaan waargenomen had. Het lichten is afkomstig van de afscheiding van een in de kop gelegen klier. Aan soorten van het geslacht *Cypridina* zijn talrijke publicaties gewijd, vooral van de hand van E.N. Harvey, die tientallen jaren besteed heeft aan het bestuderen der bioluminescentie. Deze dieren geven niet alleen gedurende hun leven licht, maar in gedroogde toestand kunnen ze zelfs na dertig jaar weer lichten als men ze bevochtigt. Gedurende de laatste wereldoorlog gebruikten Japanse zee-officieren gedroogde *Cypridina's* die ze



in de palm van hun hand bevochtigen om in het donker berichten te lezen als iedere andere lichtbron door de vijand gezien had kunnen worden. Het licht, dat geproduceerd wordt door de afscheiding van deze diertjes, die slechts 2 tot 3 millimeter groot zijn en in gedroogde toestand een milligram wegen, is nog zichtbaar wanneer men de stof in 400 miljoen delen water verdunt. Voor het lichten zijn de twee stoffen luciferine en luciferase benevens de aanwezigheid van zuurstof noodzakelijk. De luciferine oxydeert altijd in aanwezigheid van zuurstof, maar brengt slechts licht voort als er ook luciferase is; in dat laatste geval is het proces onomkeerbaar.

Echte fotoforen zijn bij enkele garnalen beschreven die soms eveneens een lichtende afscheiding voortbrengen zoals we die bij de inktvis *Heteroteuthis* vermeld hebben en die waarschijnlijk dient om een aanvaller af te schrikken of op een dwaalspoor te brengen.

Enkele soorten stekelhuidigen, vooral slangsterren, bezitten fotocyten.

Onder de ongewervelde dieren zijn er ten slotte de pelagische manteldieren. De kolonies van *Pyrosoma*, die tot 4 meter lang kunnen worden, leveren een der fraaiste schouwspelen van luminescentie. Sommige schrijvers hebben dit aan de aanwezigheid van bacteriën in speciale organen toegeschreven. Het feit dat het lichten slechts na een prikkel optreedt en andere argumenten van fysiologische en biochemische aard zijn echter in tegenspraak met de hypothese van een bacteriën-symbiose.

Van de gewervelde dieren vertonen alleen de vissen talrijke gevallen van bioluminescentie, vooral de diepzeesoorten waarvan 60% fotoforen bezitten. Bij hen zijn dit zeer ingewikkelde organen, zoals wij die bij de inktvissen vermeld hebben en welke fotogene weefsels bevatten, terwijl bij soorten, die aan de oppervlakte of in gemiddelde diepten leven, organen met lichtgevende bacteriën voorkomen. In dit laatste geval staan deze organen in open verbinding met de buitenwereld zonder dat er echter een lichtende afscheiding plaatsheeft. Hoewel in gevallen van bacteriën-symbiose de lichtproductie ononderbroken plaatsheeft, kan het dier het lichtgevend orgaan soms verduisteren, zoals bij

*Photoblepharon palpebratus* die onder het grote lichtorgaan, dat onder ieder oog ligt, een huidplooi bezit. Dat soort ooglid kan het orgaan geheel bedekken. Bij een verwante vis, *Anomalops*, is het verduisteringsmechanisme geheel anders: het lichtorgaan, dat beweeglijk is als een oog in de oogkas, kan naar onderen gedraaid worden totdat zijn opening verborgen is door het pigment van die holte. Volgens de inboorlingen van Banda, in de Molukkenzee, waar deze vissen leven, dienen deze organen als schijnwerpers en om een prooi aan te lokken. De vissers snijden ze uit en gebruiken ze als lokaas wanneer ze 's nachts vissen.

In een andere groep van families van vissen, de *Pediculati*, waartoe de zeeduivel van onze streken behoort en die ook hengelaarsvissen genoemd worden, is de eerste straal van de rugvin, welke zich juist boven de enorme muil bevindt, omgevormd tot een lang beweeglijk uitsteeksel. Bij diepzeesoorten is het opgezwollen uiteinde van dit uitsteeksel, dat dient om een prooi aan te lokken, van een lichtgevend orgaan voorzien. De wijfjes van deze vissen zijn soms een meter lang, maar de mannetjes zijn veel kleiner en leven vaak als parasiet vastgehecht aan het lichaam van het wijfje; zulke mannetjes bezitten geen lichtorganen.

Hoewel talrijke soorten vissen lichtorganen bezitten, waarvan de anatomie en de histologie uitvoerig beschreven zijn, is slechts heel weinig bekend over hun fysiologie aangezien diepzeevissen zelden hun vangst overleven.

Zoals wij in het voorgaande vermeld hebben, schijnt de lichtvoortbrenging van zeedieren niet altijd een biologisch belang te hebben. In sommige gevallen is het waarschijnlijk een bijkomstig verschijnsel in verband met de stofwisseling van het dier.

Maar de gespecialiseerde fotoforen, die we vooral bij inktvissen en vissen aantreffen, of de afscheiding van een lichtgevende stof, die in het water verspreid wordt, moeten zeker van belang zijn voor dieren welke in het duister leven. Helaas weten wij niet hoe deze dieren het licht waarnemen en of ze dezelfde kleuren zien als wij. De verschillende stralen, die het zonnenspectrum

vormen, hebben niet allemaal hetzelfde doordringingsvermogen in water. De rode stralen dringen nauwelijks dieper dan 100 meter door, de groene stralen bereiken nog geen 500 m. Op deze diepte werken de blauwe stralen nog in op een fotografische plaat, maar slechts enkele violette stralen dringen tot meer dan 1000 meter door. Voor het menselijk oog is een rood voorwerp reeds zwart op een diepte van 30 meter. In de waterlagen tussen de zeeoppervlakte en een diepte van 500 meter zijn veel jonge vissen en andere zeedieren doorschijnend, zilverachtig, of blauw. Op een diepte van 500 tot 750 meter zijn de vissen meestal zwart, schaaldieren rood. In de warme oceanische wateren hebben de pelagische vissen, die in de bovenste 500 meter leven, vaak lichtorganen en ogen die telescopisch, gesteeld, of zeer groot zijn. Beneden de 750 meter nemen de afmetingen van die ogen af naarmate de diepte toeneemt en beneden de 1500 meter zijn deze vissen vaak blind. De diepzeevissen welke op de bodem leven, hebben doorgaans grote ogen maar zelden lichtorganen.

De verbetering van de bathyscafen zal het wellicht in de toekomst mogelijk maken enkele van de problemen op het gebied van de bioluminescentie der diepzeedieren tot een oplossing te brengen.

#### BIBLIOGRAFIE

- BEEBE, W., 1934, *Half mile down*. (The National Geographic Magazine, vol. LXVI, pp. 661-704).  
BEEBE, W., 1935, *Half mile down*. (Ed. John Lane The Bodley Head, London).  
BRAUER, A., 1906-1908, *Die Tiefsee-Fische*. (Deutsche Tiefsee-Expedition 1898-1899, Bd. XV).  
CHUN, C., 1910, *Die Cephalopoden, I. Teil: Oegopsida*. (Deutsche Tiefsee-Expedition 1898-1899, Bd. XVIII).  
HARVEY, E. Newton, 1940, *Living Light*. (Princeton University Press, Princeton).  
HARVEY, E., Newton, *Bioluminescence*. (Academic Press Inc., Publishers, New York).  
HUTH, W., 1913, *Zur Entwicklungsgeschichte der Thalassicollen*. (Archiv für Protistenkunde, Bd. XXX, pp. 1-124).  
MURRAY, J. & HJORT, J., 1912, *The depths of the ocean*. (Macmillan & Co., London).  
VERHAEGHE, 1848, *Recherches sur la cause de la phosphorescence de la mer, dans les parages d'Ostende*. (Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers, publiés par l'Académie royal des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique, t. XXII, 31 pp.).

## Omslag

Een boeiende bezigheid  
is het gadeslaan onder het vergrootglas  
van de mikroskopische organismen,  
"plankton" genaamd,  
die in de oceaanwateren leven.

Zulk beeld

is nog meer verbazingwekkend  
doordat het de gelijkenissen  
doet uitkomen van de vormen in de natuur  
aldus getuigenis afleggend van de wetten  
die de wereld der planten,  
dieren en kristallen beheersen.

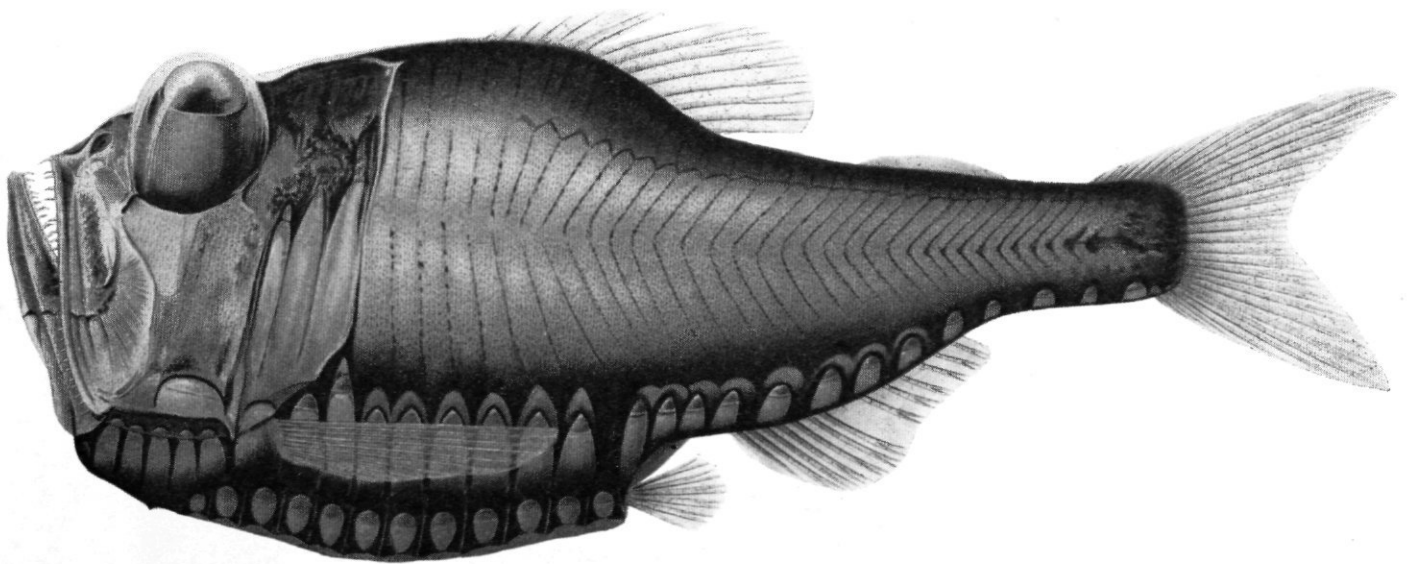
P. Serneels,

die onze omslag tekende,  
heeft zich door deze konstante vormen  
laten inspireren,

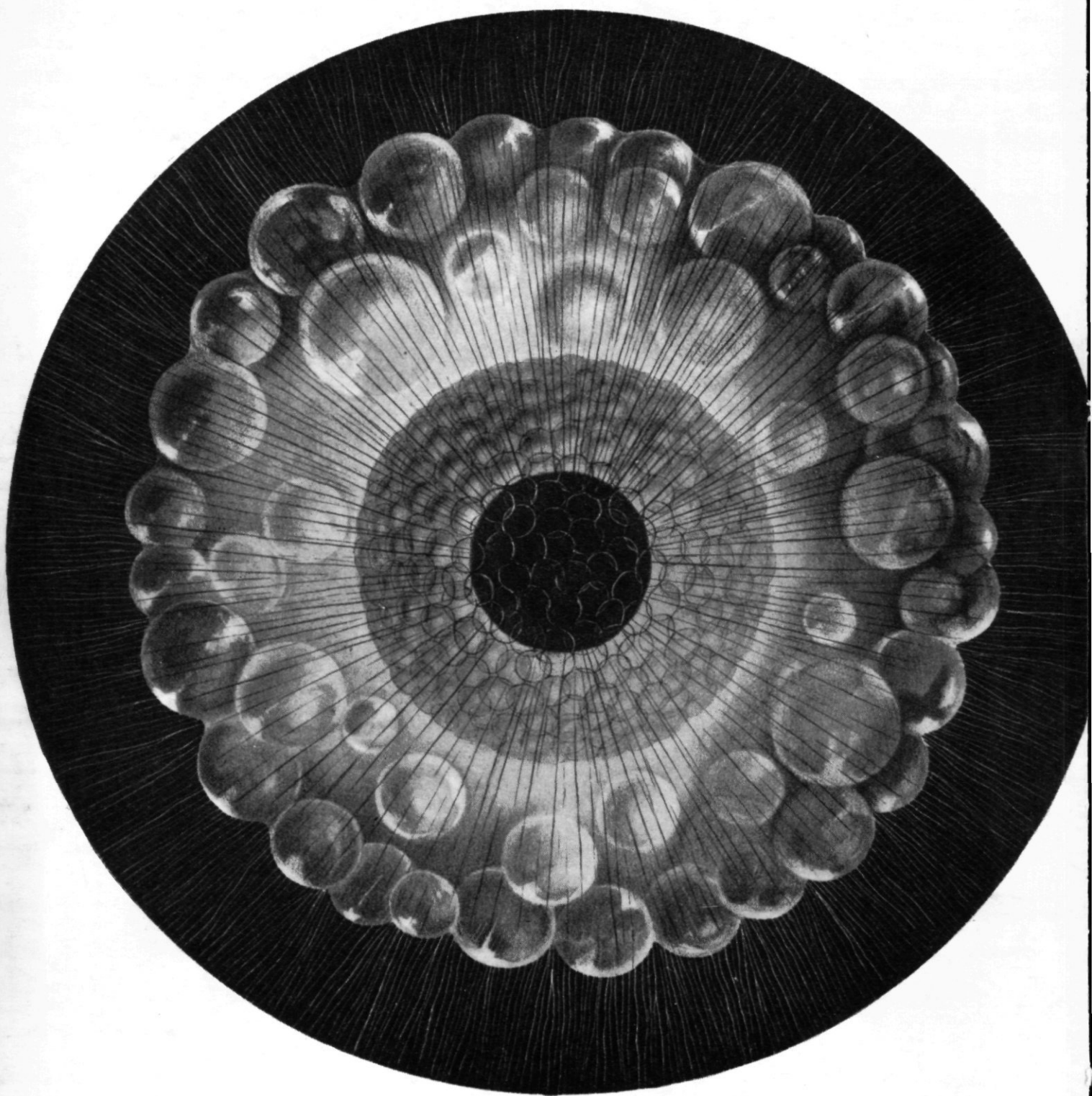
waarvan de ontdekking

zowel het non-figuratieve onbekende  
oproept als de vertrouwde logika

van alles wat uit het groeiproces voortvloeit.



*Argyropelecus affinis* Garman, bathypelagische vis met lichtorganen op zijn buikzijde ;  
lichaamslengte: 4,5 cm (naar A. Brauer, 1906-1908).



*Thalassicola nucleata* (Huxley), een lichtgevende Radiolarie met een doorsnede van  $\pm 5$  mm  
(naar W. Huth, 1913).

