
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 diergeslachten 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 afgelijnd 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 plantaardige eigenschappen bezitten celstof en bladgroen. Het valt echter moeilijk, ook nu nog, een scherpe grens te trekken tussen deze microorganismen 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 wieren). 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 zweven maken deel uit van een soort gemeenschap "plankton", Fytoplankton of Zooplankton 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 zweepharen. 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 zweepharen. 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

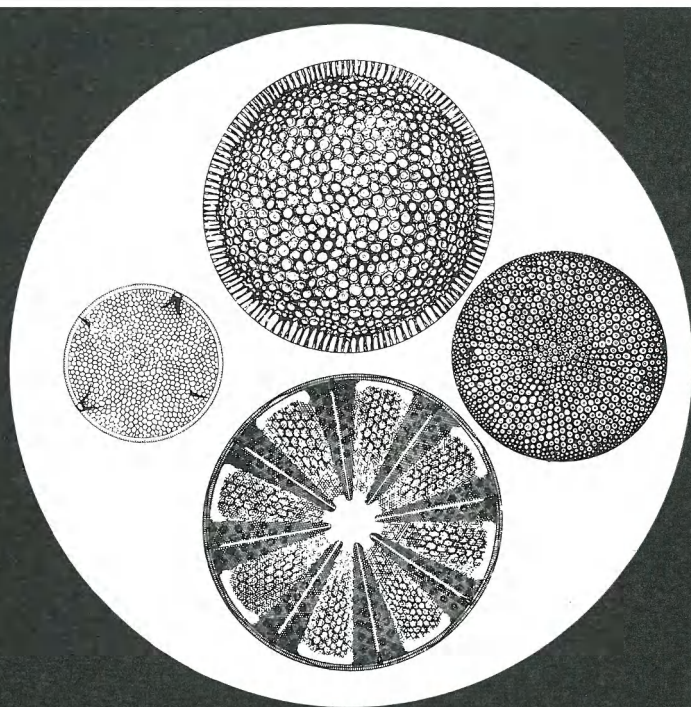
De alomtegenwoordigheid der bacteriën wijzigd voortdurend de kwaliteit van het water en de sedimenten

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

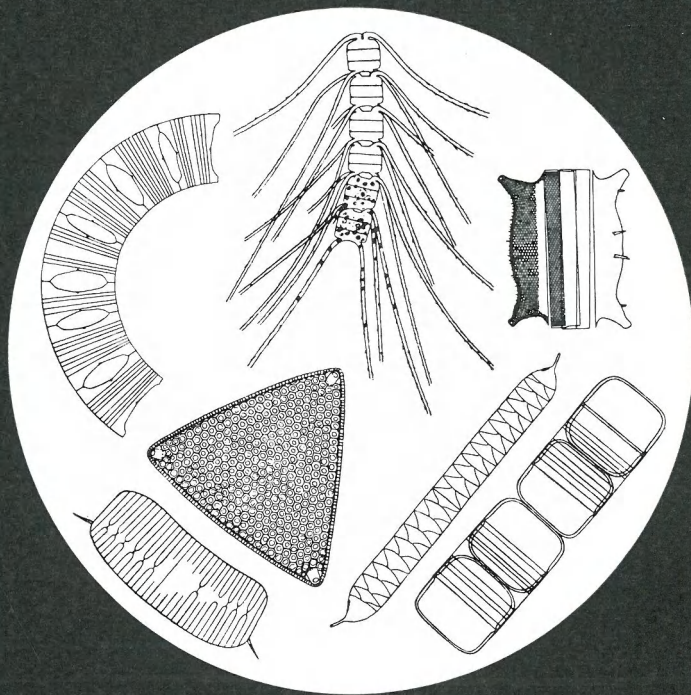
Eens hun levenscyclus beëindigd, zinken ze stilaan naar de bodem toe. Al deze organismen zweven in soms grote hoeveelheden bij het zeeoppervlak. Op sommige plaatsen gebeurt het niet zelden dat men twee of drie miljoen individuen uit een kubieke meter water filtreert. Deze grote hoeveelheid levende stof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

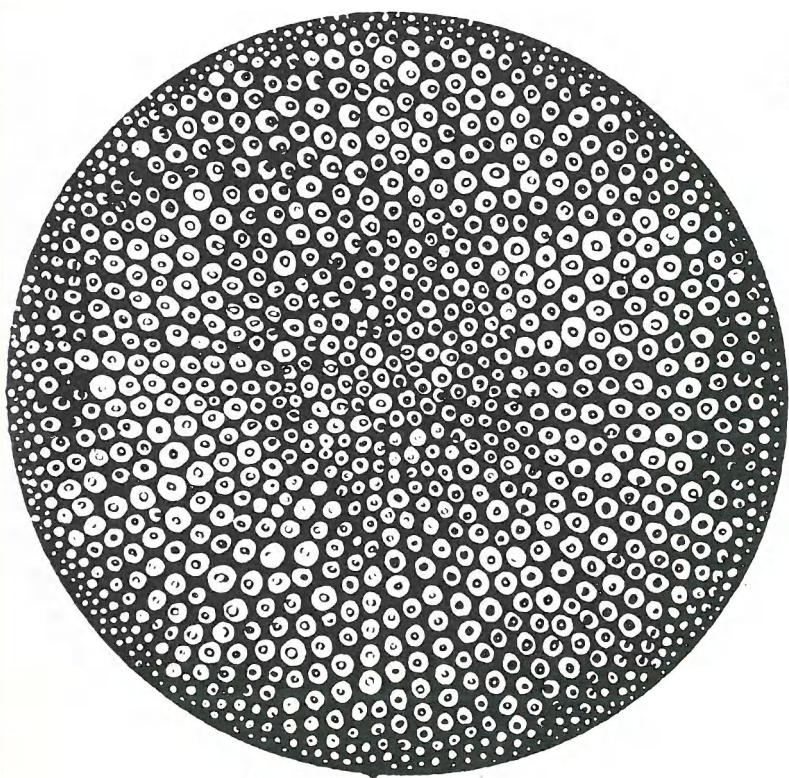
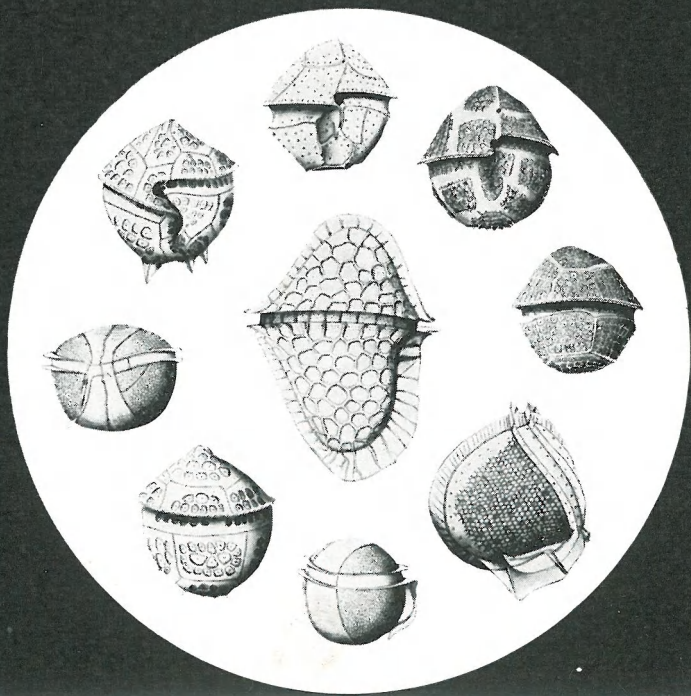
1



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 50μ ;
2. Het microplankton : organismen van 50μ 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.

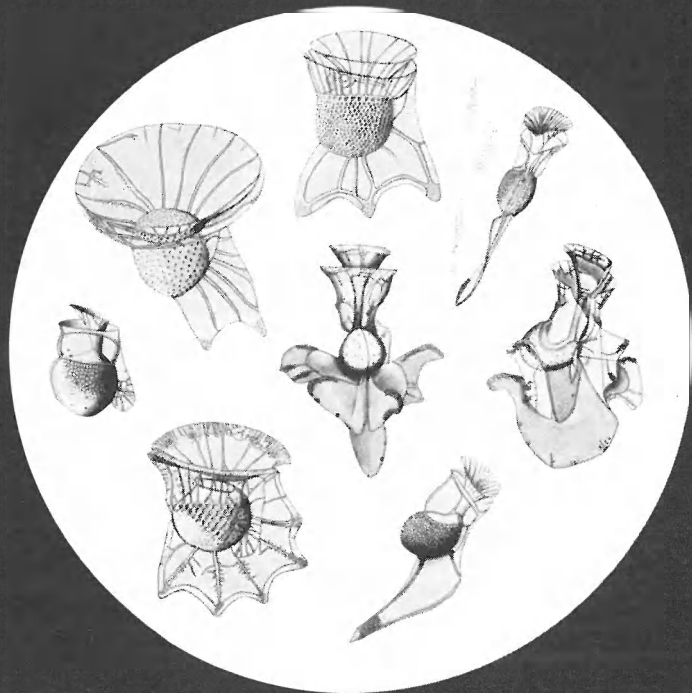
Met betrekking tot de levenswijze heeft men nog andere indelingen ingevoerd. Het holoplankton leeft uitsluitend in het pelagisch midden ; het meroplankton omvat verschillende vrijlevende stadia (larven) van de meest uiteenlopende zeedieren, ze maken slechts voor een min of meer lange tijdspanne deel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



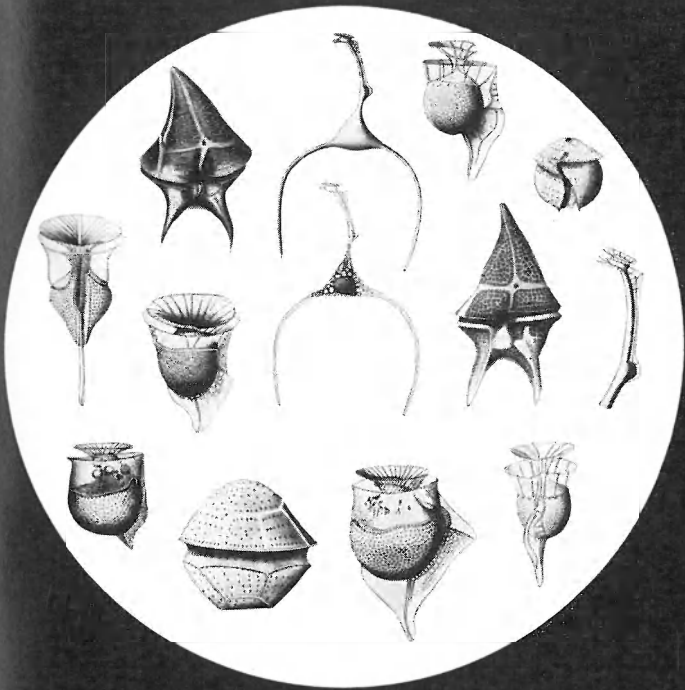
Plaat 4. — Dinoflagellaten.
Vergroting $\pm 140/1$ tot $510/1$.

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

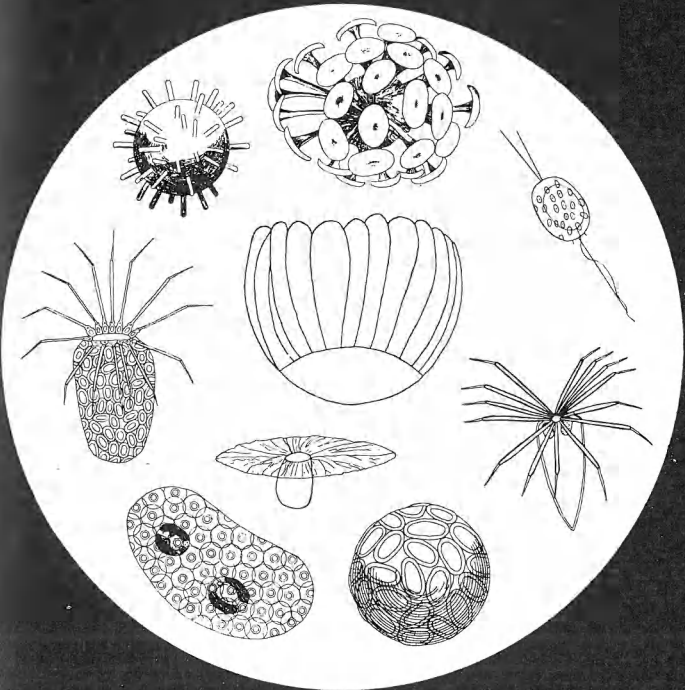
Plaat 6. — Silicoflagellaten.
Vergroting $\pm 700/1$ tot $1500/1$.

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

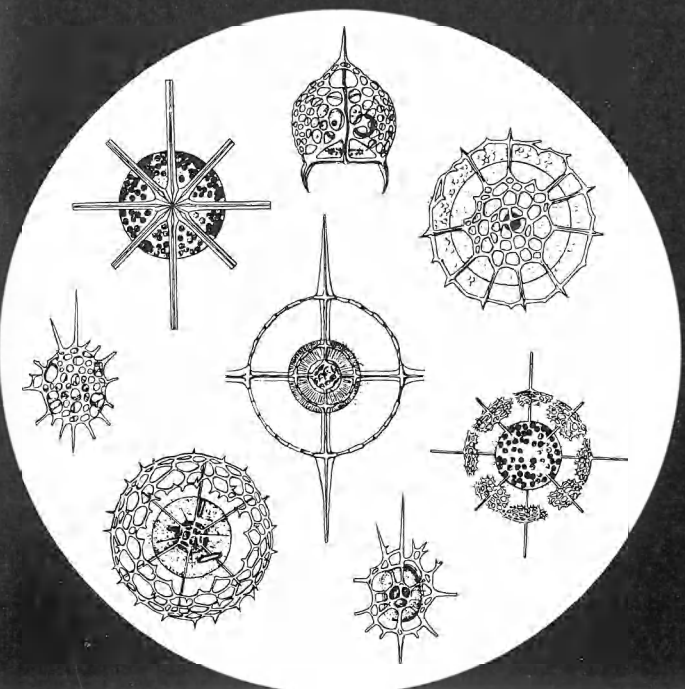
5



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 principie 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 (sporelementen) 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. Voorname punten werden evenwel nog bijna niet aangesneden en er blijven nog veel open vragen.