

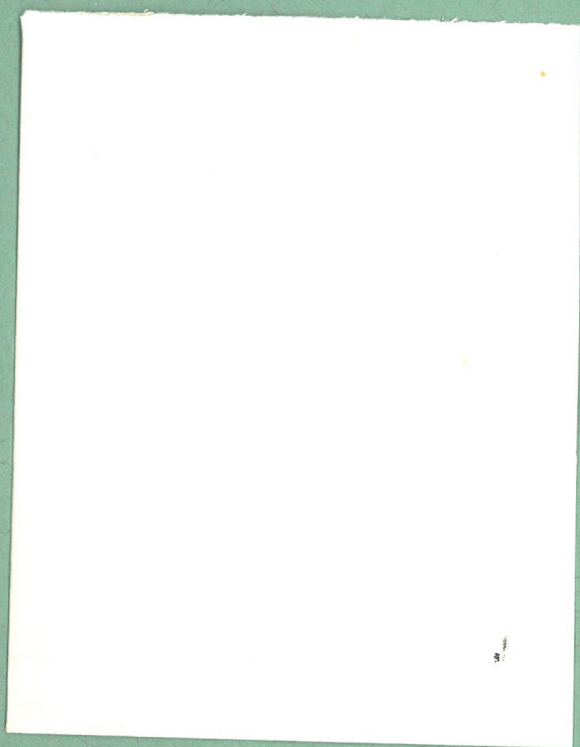
✓
DR. H. VELDKAMP

DE MICROBIOLOGIE VAN HET MARIENE MILIEU



Inventarisnummer 435

J.B. WOLTERS GRONINGEN 1964



DE MICROBIOLOGIE VAN HET MARIENE MILIEU

DE MICROBIOLOGIE
VAN HET
MARIENE MILIEU

REDE
UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING
VAN HET AMBT VAN GEWOON HOOGLERAAR
IN DE MICROBIOLOGIE
AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE GRONINGEN
OP DINSDAG 21 JANUARI 1964
DOOR

DR. H. VELDKAMP



Inventarisnummer 435

J. B. WOLTERS GRONINGEN
1964

*Mijne Heren Curatoren,
Mijnheer de Secretaris van de Universiteit,
Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren,
Docenten en Leden van de Wetenschappelijke Staf,
Dames en Heren Studenten,
en voorts Gij Allen die door Uw aanwezigheid blijk geeft van Uw belangstelling,*

Geachte Toehoorders,

De studie van micro-organismen wordt heden ten dage door zeer veel onderzoekers bedreven. Dat hun aantal nog steeds toeneemt is onder meer te danken aan het feit dat sommige bacteriën zó gemakkelijk hanteerbaar zijn en zich zó snel vermenigvuldigen, dat zij zich bijzonder goed lenen voor biochemische, biophysische en genetische studies. Op dit gebied, de zogenaamde moleculaire biologie, worden thans snelle en spectaculaire vorderingen gemaakt.

De tendens van de huidige ontwikkeling is, dat steeds meer onderzoekers met steeds minder micro-organismen gaan werken. Een van de onderdelen van de microbiologie, die dan ook enigszins tot de achtergebleven gebieden zijn gaan behoren is de microbiële oecologie. Zo beslaat het hoofdstuk over de oecologie van bacteriën in een thans verschijnend vijfdelig handboek, niet meer dan drie procent van de volledige tekst, die verder grotendeels handelt over biochemische aspecten van de bacteriële stofwisseling.

Dat ik vandaag juist enkele aspecten van de oecologie van micro-organismen zou willen bespreken vindt zijn oorzaak niet alleen in het feit, dat collega's uit Utrecht en Amsterdam zeer onlangs op voortreffelijke wijze microbiologische aspecten van de moleculaire biologie belicht hebben, doch tevens en vooral, omdat de microbiële oecologie mij als een bijzonder fascinerend studieobject voorkomt.

Oecologie is de wetenschap, die zich bezighoudt met de studie van interrelaties tussen levende organismen en hun milieu. Onder het milieu van een organisme verstaat men dan het totaal van factoren, biotisch zowel als abiotisch. De oecoloog moet dan ook kennis dragen zowel van de organismen die een bepaald milieu bevolken, als van de fysisch-chemische eigenschappen van dat milieu. Voor de microbioloog betekent dit, dat hij op goede voet moet staan, niet alleen met bacteriën, doch tevens met gisten, schimmels, actinomyceten, algen en protozoën. Boven-

dien komt het vaak voor, dat hij zich op de hoogte moet stellen van de activiteiten van hogere organismen, die van directe invloed zijn op de samenleving van micro-organismen, die hij bestudeert. Zo zal hij b.v. bij het bestuderen van de rhizosfeer, dit is de directe omgeving van de plantenwortel, moeten weten dat de hogere plant door het wortelsysteem stoffen als aminozuren en vitaminen uitscheidt.

Onderzoek van zich in natuurlijke milieus afspelende processen is bijzonder moeilijk, niet alleen door het sterk dynamische karakter van deze processen en doordat zich zoveel gelijktijdig afspeelt, doch vooral ook, omdat de concentraties van de chemische substraten die het leven van micro-organismen mogelijk maken veelal uiterst laag zijn. Dit hoeft inmiddels niet te betekenen dat de totale hoeveelheid substraat, die per tijdseenheid omgezet wordt gering is. Vaak heeft men te doen met een vrij constante aanvoer van voedingsstoffen, die onmiddellijk door micro-organismen worden opgenomen en verwerkt.

Het hoeft dan ook geen betoog, dat het zogenaamde continu cultiveren van micro-organismen, waarbij men dit proces in het laboratorium kan nabootsen, voor oecologische studies van grote betekenis is. Deze techniek maakt het mogelijk om micro-organismen in een vloeistofcultuur met constante chemische samenstelling te kweken, terwijl men naar believen deze samenstelling kan wijzigen. Hierdoor is het mogelijk om het effect van verandering van één enkele milieufactor op groeisnelheid en stofwisseling te bestuderen.

Hoewel de studie van alle natuurlijke milieus een moeilijke zaak is, lenen sommige milieus zich toch beter voor oecologisch onderzoek dan andere. De bodem b.v. is een bijkans wanhopig gecompliceerd milieu. Daartoe draagt niet alleen de fysisch-chemische samenstelling bij, doch vooral ook het feit dat men hier te doen heeft met een aaneenschakeling van micro-milieus, die van millimeter tot millimeter verschillend kunnen zijn.

Voor het bestuderen van oecologische principes is dan ook het natuurlijke water dankzij zijn grotere homogeniteit veel toegankelijker.

Het feit, dat deze Universiteit betrekkelijk dicht bij zee ligt, maakt het aantrekkelijk de microbiologie van het mariene milieu in het toekomstig onderzoek te betrekken. Ik zou daarom vandaag speciaal aan dit onderdeel van de microbiologie enige aandacht willen schenken.

Evenals op het land wordt ook in zee de basis voor alle leven gevormd door de groene plant die met behulp van daartoe geëigende pigmenten lichtenergie kan omzetten in chemisch gebonden energie. In de zee wordt dit proces vrijwel uitsluitend tot stand gebracht door microscopisch kleine

algen, die tezamen het zogenaamde phytoplankton vormen. De in kwantitatief opzicht belangrijkste groepen zijn diatomeeën, dinoflagellaten, alsmede een groep uiterst kleine flagellaten, in de wandeling μ -flagellaten genoemd.

Photosynthese en groei zijn alleen daar mogelijk waar voldoende licht aanwezig is en zo vindt dus vermeerdering van phytoplankton alleen plaats in oppervlaktewateren. De diepte van de groeizone hangt sterk af van de helderheid van het water, geografische breedte en seizoen. In helderblauwe tropische wateren strekt de zone van planktongroei zich uit tot een diepte van honderd meter; in troebel water, zoals dat b.v. in estuariën voorkomt, is echter op een diepte van één meter de lichtintensiteit vaak al zo gering dat ademhaling en photosynthese elkaar juist in evenwicht houden. Slechts boven dit zogenaamde compensatiepunt is de synthese van organische stof groter dan de afbraak.

De snelheid van het photosynthese proces is inmiddels lang niet altijd het grootst in dat gedeelte van de groeizone, dat direct aan de lucht grenst. Dit komt, omdat de photosynthese slechts tot een bepaalde grenswaarde recht evenredig is met de lichtintensiteit. Veel algen vertonen een vertraagde photosynthese, indien zij aan veel hogere lichtintensiteiten worden blootgesteld. Dit nu, is niet zelden het geval in de allerbovenste waterlagen.

Directe metingen in zee hebben ons geleerd, dat b.v. in de Atlantische Oceaan ten westen van Engeland, de photosynthese gedurende de zomermaanden maximaal is op een diepte van 5-10 m.

U zal zich wellicht afvragen hoe men de koolzuurfixatie van het plankton in zee direct kan meten. Een hiertoe thans veel toegepaste methode is die, welke voor het eerst door de Denen gebruikt werd op de van 1950-1952 gehouden Galathea expeditie. Het principe van deze methode is als volgt. Men neemt een watermonster en bepaalt in een deel hiervan de totale hoeveelheid koolzuur. Aan een ander deel wordt een bekende hoeveelheid radioactief koolzuur in de vorm van bicarbonaat toegevoegd. Dit deel van het monster wordt vervolgens in een glazen fles enkele uren op de gewenste diepte in zee gehangen. Daarna wordt de in het plankton vastgelegde radioactiviteit gemeten. Uit een eenvoudige berekening volgt dan de totale hoeveelheid gefixeerde koolstof.

Sommige waarnemingsschepen beschikken over apparatuur, waarmee de waterbeweging, lichtintensiteit en temperatuur kunnen worden nagebootst, die heersen op de diepte van verzamelde watermonsters, zodat de meting geheel aan boord zelf verricht kan worden.

Daar de te volgen werkwijze vrij simpel is, bleek het mogelijk vele

gegevens te laten verzamelen door de bemanning van lichtschepen. Ondanks het feit, dat de interpretatie van deze gegevens iets minder eenvoudig is, dan men op het eerste gezicht zou denken, is het toch wel mogelijk op deze manier een indruk te krijgen van de activiteit van het mariene phytoplanton. Recente berekeningen hebben ons geleerd, dat de totale hoeveelheid koolstof die per jaar in de wereldzeeën wordt vastgelegd in de grootteorde van 10^{10} ton ligt. Dit is een hoeveelheid die in dezelfde orde van grootte ligt als de jaarlijks door landplanten gefixeerde koolstof.

Men vindt onder het phytoplankton een grote verscheidenheid van vorm en een microscopisch preparaat van een willekeurig monster is dan ook altijd een lust voor het oog. Wat al deze organismen echter gemeen hebben is hun geringe afmeting. De betekenis hiervan wordt duidelijk wanneer we ons realiseren, dat bij deze zeer kleine organismen de verhouding tussen oppervlakte en volume zeer groot is, in vergelijking met die van grotere organismen. Het relatief grote oppervlak is niet alleen gunstig voor de opname van voedingsstoffen doch zorgt tevens voor een relatief grote wrijving met het omringende water. Aldus worden de algen in staat gesteld slechts langzaam uit het zonverlichte en verwarmde oppervlaktewater weg te zinken.

Het phytoplankton zou overigens toch weinig gelegenheid gelaten worden om in duistere diepten te verzinken. Slechts weinig in zee levende organismen sterven een natuurlijke dood en de algen maken hierop geen uitzondering. In open zee worden de planktonvelden grondig afgegraasd door de herbivoren onder het zoöplankton; dit valt dan verder op zijn beurt weer ten offer aan de carnivoren. Hierbij gaat veel van de in het plantaardige plankton opgetaste energie verloren, enerzijds door ademhaling en anderzijds door onvolledige vertering door het zoöplankton. Vooral bij overvloed aan algen gedragen de herbivoren zich zeer gulzig en worden veel onvolledig verteerde algen uitgescheiden.

De aantalregulatie van het phytoplankton wordt inmiddels niet uitsluitend door voornoemde factoren bepaald. Een belangrijke rol speelt hierbij tevens de chemische samenstelling van het milieu.

Wanneer we eerst de componenten koolstof, stikstof en fosfor in beschouwing nemen, dan blijken belangrijkste bronnen hiervoor te bestaan uit carbonaat, nitraat en orthofosfaat. Het blijkt nu, dat anorganisch gebonden koolstof nooit als groeibeperkende factor optreedt. Nitraat en fosfaat daarentegen, kunnen door groeiende planktonpopulaties vrijwel volledig aan het oppervlaktewater onttrokken worden. Is dit het

geval, dan is nog slechts 10 % van het voorradige carbonaat gebruikt.

Doordat de verhouding waarin stikstof en fosfor door het phytoplankton opgenomen wordt, ongeveer dezelfde is als die, waarin deze elementen in zeewater voorkomen, worden de voorraden nitraat en fosfaat veelal ongeveer gelijktijdig uitgeput. Dit is voor het eerst duidelijk aangetoond door Harvey bij het bestuderen van de aantalschommelingen van algen in het Kanaal.

Tijdens de winter is daar de hoeveelheid phytoplankton gering. In het oppervlaktewater is dan het gehalte aan fosfaat-P ca. 10 mg, dat van ammoniak en nitraat-N ruim 100 mg per m³. Met het lengen der dagen komen licht en warmte in steeds ruimer mate ter beschikking hetgeen gepaard gaat met een snelle vermeerdering van de algen en een voortdurende afname van nitraat en fosfaat, totdat eind mei de voorraad van deze ionen vrijwel uitgeput is. Het aantal algen gaat nu snel afnemen als gevolg van het zich ontwikkelende zoöplankton, dat de grote voorraad algen weggraast.

In de herfst zien we dan weer een nieuwe toename van het phytoplankton. Dit tweede maximum wordt mogelijk gemaakt, doordat opnieuw nitraat en fosfaat beschikbaar komt, enerzijds door mineralisatie van organische verbindingen in het oppervlaktewater, anderzijds door toenemende menging van oppervlaktewater met dieper gelegen water.

De hier geschetste groeiperioden van het phytoplankton zijn van complexe aard, daar niet alle soorten diatomeeën en flagellaten gelijktijdig groeimaxima te zien geven. In werkelijkheid zien we een successie van maxima optreden, telkens van verschillende soorten. Weinig is nog bekend omtrent de factoren, die deze opeenvolging bewerkstellingen. De vraag b.v. waarom van twee nauw verwante soorten diatomeeën, de ene een groeimaximum heeft in april en de andere in november, behoort tot de vele die nog op een antwoord wachten.

Zeker is inmiddels wel, dat fosfaat en nitraat niet de enige chemische componenten in de zee zijn die de groei van phytoplankton beïnvloeden. Dit blijkt onder meer uit de waarneming, dat het phytoplanktongehalte van aan elkaar grenzende watermassa's sterk kan verschillen, ondanks het feit dat fosfaat en nitraatgehalte vrijwel gelijk zijn.

Om een inzicht te krijgen in de oorzaak van deze verschillen, heeft men in de laatste jaren aan zeewater dat slechts beperkte algengroei mogelijk maakt allerlei chemicaliën toegevoegd, in de hoop op deze manier eventueel ontbrekende componenten op te sporen. Uit deze onderzoeken is gebleken, dat speciaal toevoeging van mengsels gecheleerde sporenelementen een sterk groeibevorderend effect had.

Een en ander is in overeenstemming met gegevens over oplosbaarheid van sporenelementen. Bij de pH van zeewater, die ongeveer 8 is, lost ijzer b.v. slechts op in een hoeveelheid van 10^{-8} μg per liter.

Recente onderzoeken hebben verder aangetoond, dat toevoeging aan zogenaamd „slecht” zeewater, van chelerende agentia alleen, eenzelfde effect geeft. Hieruit blijkt dus, dat in dit water voldoende sporenelementen aanwezig zijn, doch in een voor algen niet opneembare vorm. De goede of slechte eigenschappen van zeewater, voorzover het phytoplankton betreft en dat betekent dus indirect voor alle leven, berusten dus althans ten dele op het al of niet aanwezig zijn van organische verbindingen, die complexen vormen met sporenelementen en deze aldus voor algen opneembaar maken.

Men heeft uiteraard ook niet gearzeld om het hele arsenaal van vitaminen op zeewater los te laten. Het effect hiervan op de algengroei was echter weinig schokkend. Recent studies met reïncultures van algen hebben echter uitgewezen, dat hieruit niet de conclusie getrokken mag worden, dat de in zee voorkomende algen geen vitaminen nodig zouden hebben. Het tegendeel blijkt namelijk waar te zijn.

Het in bacterievrije cultuur verkrijgen van mariene algen is bijzonder moeilijk en is tot nog toe slechts met een beperkt aantal soorten gelukt. Uit kweekproeven in chemisch gedefinieerde media is gebleken, dat een niet gering percentage van deze algen één of meer van de volgende vitaminen nodig heeft: biotine, thiamine en vitamine B_{12} . Dat deze vitaminen in zeewater voorkomen, blijkt onder meer te danken aan het feit dat een hoog percentage mariene bacteriën in staat is deze vitaminen te synthetiseren en uit te scheiden. Bij een onderzoek dat onlangs verricht werd met duizend uit zee geïsoleerde bacteriën bleek, dat ongeveer de helft in staat was om één of meer van de genoemde vitaminen te synthetiseren in hoeveelheden, groter dan nodig voor eigen gebruik. Het teveel geproduceerde werd in het milieu afgescheiden. Een aanzienlijk gedeelte van de bacteriën die het vermogen vertoonden om tijdens de groei een vitamine uit te scheiden bleek inmiddels behoefte te vertonen aan één of meer andere vitaminen en aldus afhankelijk te zijn van de afscheiding hiervan door andere bacteriën.

We zien hier dus, dat de heterotrophe mariene bacteriën elkaars groei sterk kunnen beïnvloeden, enerzijds in ongunstige zin, waar ze met elkaar in competitie zijn om de schaars voorhanden energiebronnen te bemachtigen, anderzijds in gunstige zin door het produceren van groeistoffen.

Uiteraard zijn van de stoffen, die door micro-organismen afgescheiden worden alleen die van oecologische betekenis, die in zeer grote verdunning

nog biologisch werkzaam zijn, zoals b.v. de hier genoemde vitaminen.

De thans bekende antibiotica hebben pas effect bij relatief hoge concentraties en het is dan ook niet zo waarschijnlijk, dat afscheiding van antibiotica van grote betekenis is voor de interrelaties van micro-organismen in zee. Dit temeer, daar actinomyceten en schimmels, waaronder zeer veel producenten van antibiotica voorkomen, in de zee weinig talrijk zijn.

Het afscheiden van antibiotica door algen is verschillende malen vastgesteld en dat dit niet altijd zonder betekenis is voor het leven van andere organismen, moge blijken uit het kortgeleden gevonden voorbeeld van *Phaeocystis*. Dit is een kolonievormende flagellaat waarvan ook in de ons omringende wateren vertegenwoordigers voorkomen. Het is blijkbaar een weinig smakelijk organisme, want het wordt door veel herbivore planktoneters gemeden. Als gevolg hiervan kan het somtijds dusdanig grote populaties opbouwen, dat de zee plaatselijk een bruine kleur krijgt. Engelse vissers schijnen dit water „Dutch baccy juice” te noemen. Volgens de Oxford Dictionary is „baccy” afgeleid van „tobacco”, zodat de associatie die genoemde vissers hebben bij het zien van bruin water, zich niet moeilijk laat raden.

Van hier naar het bloedserum van Antarctische pinguins lijkt een nogal onwezelijke sprong. Uit het volgende moge blijken, dat er toch wel enig verband is.

Enkele jaren geleden is ontdekt, dat het bloedserum van deze vogels antibiotische werking vertoont tegen Gram-positieve bacteriën. Dezelfde werking bleek voor te komen in een kreeftje, dat de voornaamste voedselbron van de pinguins is en de oorzaak van dit alles bleek uiteindelijk terug te voeren op *Phaeocystis*-achtige algen, die genoemde kreeftjes tot voedsel dienen. Het door deze algen geproduceerde antibioticum is kortgeleden geïdentificeerd als acrylzuur.

Aanleiding tot deze reeks van onderzoeken was de bestudering van de darmflora van aan de Antarctica levende pinguins, waarbij het opgevallen was, dat hierin zo opvallend weinig Gram-positieve bacteriën voorkwamen.

Bij recente onderzoeken is verschillende malen aangetoond dat daar waar zich plaatselijk een geweldige opbloei van een bepaalde algensoort voordoet, het zeewater niet zelden antibiotische werking op bacteriën uitoefent. Het is waarschijnlijk, dat alleen onder dergelijke omstandigheden antibiotica productie in zee oecologische betekenis krijgt.

Het was Lucas, die omstreeks vijftien jaar geleden gewezen heeft op het potentiële belang van door micro-organismen in zee afgescheiden stoffen

en die nadere studie hiervan gepropageerd heeft. Het door zijn ideeën gestimuleerde onderzoek van de laatste jaren, waarvan ik U hier enkele voorbeelden gegeven heb, heeft wel duidelijk aangetoond hoe juist zijn zienswijze was en bovendien, hoeveel werk hier nog te verrichten is.

Men dient zich hierbij wel te realiseren, dat extrapolatie van in het laboratorium met reïncultures verkregen waarnemingen op natuurlijke omstandigheden met omzichtigheid dient te geschieden. Dit is onder meer gebleken uit onderzoek over afscheiding van fotosynthese-producten door algen. Uit laboratorium waarnemingen is gebleken, dat soms wel de helft van de geproduceerde organische stof door algen in het medium kan worden afgescheiden, voornamelijk in de vorm van polysacchariden.

Of dit verschijnsel ook onder natuurlijke omstandigheden optreedt is zeer de vraag gezien de waarneming van Duursma, dat in de Noordzee een toename van oplosbare organische verbindingen niet tijdens, maar enkele weken na een krachtige groei van phytoplankton optreedt. Dit wijst er dus op, dat deze organische stof niet afkomstig is van groeiend, maar van ontledend plankton.

Over de aard van deze organische stof zijn wij nog maar heel slecht ingelicht en dat is ook geen wonder. De totale hoeveelheid koolstof die in open zee aanwezig is, in de vorm van oplosbare organische verbindingen ligt in de grootteorde van 2 mg per liter. Indien we bedenken, dat zee-water ongeveer 35000 mg anorganische zouten per liter bevat, is het duidelijk hoe moeilijk de chemici het hebben, die zich tot taak stellen de in zee opgeloste organische verbindingen te isoleren en identificeren.

Het best ingelicht zijn we nog over de concentratie van die verbindingen, die onmisbaar zijn voor de groei van bepaalde microben. Binnen zekere grenzen is de mate van groei van deze organismen recht evenredig met b.v. de concentratie van een benodigd vitamine. En het is dus mogelijk om met behulp van dergelijke organismen uiterst minieme hoeveelheden van deze stoffen in zee aan te tonen. Zo weten wij thans b.v. dat in de noordelijke Atlantische Oceaan en Noordzee het gehalte aan vitamine B₁₂ in de zomer 10^{-7} mg per cm³ is. Verder is gebleken dat de distributie van groeistoffen in zee allerminst homogeen is.

Dat de organische stof, afkomstig van uitscheiding door en ontleding van organismen, zich in zee niet ophoopt is te danken aan de afbraak hiervan door bacteriën. Het aantal bacteriën in de open oceaan is betrekkelijk gering en hangt af van de hoeveelheid beschikbare organische stof. Oppervlaktewater bevat een aantal bacteriën, dat meestal in de grootteorde van enkele honderden per cm³ ligt. Beneden 1000 m is dit aantal nog veel geringer. De zeebodem daarentegen bevat vrijwel overal zeer grote

aantallen bacteriën. Dit geldt ook voor de bodem van de diepzee; zo heeft men b.v. in de bodem van de 11 km-diepe Philippijnslenk zeer veel bacteriën aangetroffen die tot vermeerdering in staat bleken, indien men ze althans kweekte onder een druk van ongeveer 1000 atm..

Algemeen wordt beweerd, dat bacteriën in zee bij voorkeur zouden voorkomen op vaste zwevende deeltjes. Deze zouden organische stof adsorberen en aldus de bacteriën een gunstig micro-milieu verschaffen. Hoewel het idee aardig is, komt het mij toch voor, dat de literatuur over dit onderwerp schaars en niet geheel overtuigend is. Uit eigen, weliswaar enigszins prille ervaring, is mij bekend, dat het aantal bacteriën, dat op levend plankton waar te nemen valt, zeer gering is; en dit geldt eveneens voor de in de Waddenzee zwevende kleideeltjes.

Opvallend is echter, dat bij een microscopische beschouwing van planktonmonsters geweldige ophopingen van sterk beweeglijke bacteriën voorkomen om en in niet meer geheel intacte cellen van algen en dierlijk plankton. Het lijkt niet onwaarschijnlijk, dat ook onder natuurlijke omstandigheden ophopingen van bacteriën nabij organisch detritus voorkomen; of chemotaxis hierbij een rol speelt, zal nader onderzoek moeten uitwijzen.

Hoe dit ook moge zijn, het zijn zonder twijfel bacteriën die de mineralisatie van organisch gebonden elementen zoals koolstof, fosfor, stikstof en zwavel tot stand brengen. Deze mineralisatie vindt voor een groot deel plaats in de groeizone van het phytoplankton en de direct daaronder gelegen waterlagen. Gezien het feit, dat hier voldoende zuurstof aanwezig is, draagt de afbraak van organische stof hier een oxydatief karakter. De bij de eiwitafbraak vrijkomende ammoniak wordt door bacteriën via nitriet tot nitraat geoxydeerd en fosfaationen worden teruggevormd bij de oxydatieve afbraak van organische fosforverbindingen.

Zo zien we dus aan het begin van de cyclus van het leven in zee microscopisch kleine algen, die de synthese van organische stof in anorganisch milieu tot stand brengen; een synthese waarvan elk dierlijk leven direct of indirect afhankelijk is. Bacteriën sluiten de cyclus, door uit de dode organische stof de essentiële elementen weer in voor algen opneembare vorm om te zetten. Zij doen dit uiteraard niet zonder ook zelf hun tol te heffen door een belangrijk gedeelte van de opgenomen organische verbindingen te assimileren.

De activiteiten van bacteriën in het mariene milieu zijn vele en zij zijn van velerlei aard. Liever echter, dan U hier op het laatste ogenblik nog een kaleidoscopisch beeld van te geven, zou ik in de mij resterende tijd nog enkele opmerkingen willen maken over twee milieufactoren, waaraan

alle mariene bacteriën blootgesteld zijn, nl. het hoge zoutgehalte en de vrij lage temperatuur.

Van de op het land voorkomende bacteriën kan ongeveer één kwart een concentratie van drie procent natriumchloride verdragen. Dit zout is voor hun groei echter niet noodzakelijk. De in zee voorkomende bacteriën echter, blijken voor het overgrote deel obligaat halophiel te zijn, d.w.z. ze kunnen zonder natriumchloride niet groeien. Voor verreweg de meesten kan het natrium-ion niet vervangen worden door ander ionen, zoals b.v. kalium. Veel mariene bacteriën hebben eveneens een absolute behoefte aan chloor; slechts voor weinigen kan dit vervangen worden door broom.

Er is tot nog toe geen enkele aanwijzing gevonden, dat enzymen in de bacteriecel natrium-ionen voor hun activiteit nodig zouden hebben. Integendeel, dezelfde natrium-ionen concentratie, die nodig is voor optimale oxydatie van organische zuren door de intacte cel blijkt sterk remmend te werken op enzym activiteiten van celvrije extracten. Men vermoedt, dat de natrium behoefte iets te maken heeft met het stoftransport door de celmembraan, doch de ware betekenis van het halophiele karakter van mariene bacteriën ligt nog in het duister.

Ook de milieufactor temperatuur levert een aantal onopgehelderde problemen op. Veel in de oceaan levende bacteriën zijn koude minnend, ofwel psychrophiel. Zoals te doen gebruikelijk, heeft iedere onderzoeker, die zich hiermee bezighoudt een eigen definitie voor psychrophiele bacteriën. Laten we echter, om het eenvoudig te houden, hier maar alle bacteriën psychrophiel noemen, die zich bij temperaturen tussen 0° en 10° zo snel kunnen vermenigvuldigen, dat zij de strijd om het bestaan vol kunnen houden. Veel van deze bacteriën blijken dan toch wel heel wat sneller te groeien bij een temperatuur van omstreeks 30° . Daarnaast zijn er echter, die bij 30° niet kunnen groeien; anderen sterven zelfs zeer snel af bij deze temperatuur. Men zou deze bacteriën obligaat psychrophiel kunnen noemen. Het zijn vooral deze organismen, die zich de laatste jaren in een toenemende belangstelling mogen verheugen; een belangstelling, die er vooral op gericht is, om na te gaan waar in het gecompliceerde stofwisselingsapparaat op zo dramatische wijze iets mis loopt bij de toch betrekkelijk lage temperatuur van 30° . Het vermoeden ligt voor de hand, dat we hier te doen hebben met een dusdanige verandering in de configuratie van essentiële eiwitten, dat hierdoor de stofwisseling gestoord wordt. Een aanwijzing voor deze mogelijkheid is de waarneming, dat sommige psychrophiele bacteriën wel bij hogere temperaturen kunnen groeien indien men het groeimedium verrijkt met bepaalde aminozuren

of vitaminen. Dit zou er op kunnen wijzen, dat enzymen, die werkzaam zijn bij de synthese van deze stoffen, onwerkzaam worden bij 30°.

Zeer onlangs heeft men echter een voorbeeld gevonden van een andere mogelijkheid. Het betreft hier een geval waarin aangetoond kon worden, dat het voor de synthese van een enzym verantwoordelijke regulatiemechanisme thermolabiel was en niet het enzym zelf.

Geachte Toehoorders,

U zult het ongetwijfeld reeds gemerkt hebben; tegen wil en dank ben ik dan dus toch nog op het gebied der moleculaire biologie terecht gekomen. Als excuus moge ik aanvoeren, dat de weinige opmerkingen die ik hierover maakte alleen bedoeld waren om er op te wijzen hoezeer het werk van oecoloog en biochemicus in elkaars verlengde liggen.

Classificatie van bacteriën en andere micro-organismen is gebleken een hachelijke aangelegenheid te zijn. Niet minder moeilijk is het om de plaats van de verschillende soorten microbiologen aan te duiden.

Algemeen gesproken zou men kunnen zeggen, dat een microbioloog op de hoogte moet zijn zowel met aspecten van de biologie als van de chemie. Met een variant op de definitie van een „chemical engineer” zou men kunnen zeggen: „a microbiologist is a man who talks biology to chemists and chemistry to biologists”. Deze definitie brengt ons echter niet veel verder, daar onze belangstelling niet zozeer uitgaat naar wat hij zegt, doch veeleer naar wat hij doet. Indien men dan de stoute schoenen durft aan te trekken om enkele opmerkingen te maken over de differentiatie in de wereld van de microbiologen zou hierover het volgende gezegd kunnen worden.

De biologisch georiënteerde microbioloog houdt zich bij voorkeur bezig met oecologische problemen. Hij interesseert zich voor de rol, die het intacte micro-organisme in een natuurlijk milieu speelt; hij vraagt zich af welke chemische omzettingen het daar teweeg brengt, welke consequenties dit heeft voor andere organismen en welke milieufactoren een rol spelen bij de aantalregulatie.

De biochemicus daarentegen stelt vooral belang in datgene wat zich binnen de cel van een microbe afspeelt en hij beschikt dan ook over een arsenaal van methoden om de cellen van microben te desintegreren en de brokstukken uit elkaar te nemen. Aldus bestudeert de biochemicus op welke wijze assimilatie- en dissimilatieprocessen verlopen en hoe coördinatie en regulatie van deze processen plaats vinden.

Zoals gezegd, het werk van oecoloog en biochemicus ligt in elkaars

verlengde. Dit houdt in, dat kennis van elkaars resultaten en samenwerking gewenst zijn. Met die samenwerking nu, is het niet altijd zo heel erg goed gesteld. Beide categorieën onderzoekers beschouwen elkaars denk- en werkwijze met een zekere achterdocht en niet zelden zelfs met misprijzen.

Zo zijn er nog steeds biochemici, die een bioloog zien als een enigszins dromerige figuur, die niet geneigd is bij zijn onderzoek van duidelijke vraagstellingen uit te gaan en die bovendien een zekere mystiek niet schuwt.

Een en ander werd zeer onlangs nog eens op treffende wijze door de biochemicus Northrop geformuleerd in een beschouwing over enige befaamde controversen uit de geschiedenis van de biochemie.

Hij wijst erop, dat de chemici die het gebied der biologie infiltrerden, te kampen hadden met grote technische en theoretische moeilijkheden en bovendien niet zelden met tegenwerking van hun biologische collega's. Dit antagonisme berust volgens hem op een verschil in taal en denkwijze. De bioloog speelt met woorden en is tevreden met beschrijvende en kwalitatieve theorie. De chemicus daarentegen gebruikt wiskundige taal en verlangt kwantitatieve resultaten.

Northrop zegt vervolgens, dat het dan ook niet te verwonderen is, dat in de geschiedenis van de biochemie een hele serie controversen doorgeworsteld moest worden, die alle een zelfde beeld vertonen. Het begin is altijd een gecompliceerde hypothese, gekruid met een mystiek element en de nodige vooronderstellingen, die nergens op berusten. Dit is dan het product van de bioloog. De chemicus plaatst hier dan een eenvoudige hypothese tegenover, die bij nader onderzoek vrijwel altijd de juiste blijkt te zijn.

Voordat hij ter illustratie een aantal voorbeelden aanvoert, eindigt Northrop dan de inleiding van zijn betoog als volgt: „This process frequently requires 10-20 years. The reason for this long time lag was explained by Max Planck. He remarked that scientists never change their minds, but eventually they die.”

De bioloog wordt hier dus nog wel als „scientist” bestempeld, doch een lang leven wordt hem nu niet bepaald toegewenst.

Het is echter niet alleen de biochemicus die met een zeker wantrouwen tegenover de bioloog staat; ook het omgekeerde is waar.

De bioloog pleegt namelijk de biochemicus te verwijten, dat hij niet biologisch kan denken. Helaas moet ik toegeven, dat op des biochemicus' vraag wat biologisch denken dan wel inhoudt, niet zelden een enigszins vaag en dus onbevredigend antwoord gegeven wordt. Toch is het mis-

schien niet zo moeilijk het antwoord op deze vraag te geven. De bioloog bedoelt veelal te zeggen, dat hij er onder meer bezwaar tegen heeft, dat de biochemicus geen mus van een spreekw kan onderscheiden en in vele gevallen niet eens weet, dat er spreeuwen bestaan.

De meeste biochemici werken dan ook met een mus onder de bacteriën, namelijk *Escherichia coli*. Dit organisme is zo gemakkelijk te kweken, dat zelfs een biochemicus met de meest rudimentaire kennis van microbiologie er mee kan werken. Het groeit bovendien zo snel, dat eventuele infecties, als gevolg van niet steriel werken, maar weinig kans krijgen. De voedingsmedia, waarop men *Escherichia coli* pleegt te kweken zijn veelal van een samenstelling, die men in geen enkel natuurlijk milieu zal aantreffen en de door Kluyver ingevoerde term „kermisdieren” is hier dan ook zeker op zijn plaats. Daar nu algemeen biochemische principes bij kermisdieren dezelfde plegen te zijn als die van hun wilde verwanten, is er uiteraard geen enkel bezwaar deze principes te bestuderen aan organismen die prettig in de omgang zijn.

De bioloog zou er echter op willen wijzen, dat ons buiten het laboratorium een natuur gegeven is met aantallen micro-organismen, die het aantal enzymen in één organisme ver te boven gaan; dat deze organismen een grote verscheidenheid van vorm en physiologische eigenschappen vertonen en dat er tussen deze organismen onderling en hun abiotische milieu gecompliceerde betrekkingen bestaan. Betrekkingen, waarbij microbiële potenties een rol spelen, die niet aan het licht kunnen komen door het uitsluitend bestuderen van enkele makkelijk hanteerbare microben en de daaruit verkregen mutanten.

Bioloog en biochemicus zoals ze hier getekend en naar ik hoop niet vertekend zijn, bewegen zich op verschillend gebied. Een scherpe scheiding tussen beider werkterrein is er echter niet en beiden bewegen zij zich herhaaldelijk in de grensgebieden.

Ik zou hier de wens willen uitspreken dat dit, inplaats van aanleiding te geven tot territoriumgevechten, meer en meer zal leiden tot waardering voor elkaars werk en een vruchtbare samenwerking.

In dit korte tijdsbestek heb ik uiteraard niet meer kunnen geven dan een korte schets van enkele oecologische aspecten van de mariene microbiologie. Ik zou graag willen eindigen met erop te wijzen dat ook veel practisch microbiologische problemen in landbouw en industrie een sterk oecologisch karakter dragen. En zo biedt dus de microbiële oecologie, zowel de onderzoeker die zich bij voorkeur met toegepast microbiologisch onderzoek bezighoudt, als degene die het „l'art pour l'art” principe huldigt, een aantrekkelijk werkterrein.

Aan het einde gekomen van deze rede zij het mij vergund mijn eerbiedige dank te betuigen aan Hare Majesteit de Koningin, die mij tot hoogleraar aan deze Universiteit heeft willen benoemen.

Mijne Heren Curatoren,

Gaarne wil ik hier mijn grote erkentelijkheid uitspreken voor het vertrouwen, dat U in mij gesteld heeft door mij voor deze functie voor te dragen. Ik moge U verzekeren, dat ik mijn beste krachten zal geven bij de uitoefening van mijn taak.

Mijnheer de Secretaris van de Universiteit,

De steun die ik van U en de medewerkers van het Bureau van de Universiteit mag ondervinden bij de opbouw van het Laboratorium voor Microbiologie vervult mij met grote dankbaarheid. Onderwijs en onderzoek kunnen echter eerst dan tot volle ontplooiing komen wanneer de benodigde werkruimte beschikbaar is. Uw medewerking om hierin te voorzien stel ik op hoge prijs.

Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren en Docenten,

Als „nulde-jaars” hoogleraar is men geneigd zich enigszins onzeker in het nieuwe milieu te bewegen. De prettige wijze waarop U mij tegemoet getreden bent heeft mij echter al spoedig het gevoel gegeven in Uw kring opgenomen te zijn en ik ben U daar zeer erkentelijk voor.

Hooggeleerde Wensinck,

De wijze waarop U voorkomen heeft, dat ik mijn werkzaamheden in de open lucht had moeten beginnen stemt mij en naar ik aanneem ook de studenten tot grote dankbaarheid. Niet minder dankbaar ben ik voor de steun en vriendschap die ik dagelijks van U mag ondervinden.

Hooggeleerde Mulder,

Het is mij een groot genoegen U hier dank te kunnen zeggen voor de steun die ik in de afgelopen jaren van U en Uw medewerkers ondervonden heb. Ik ben mij ervan bewust dat de start in Groningen aanmerkelijk minder vlot verlopen zou zijn zonder Uw zeer gewaardeerde hulp.

Zeergeleerde Gerretsen,

Ik hoop in staat te zijn de microbiologie met hetzelfde enthousiasme aan deze Universiteit te doceren, als U zo vele jaren gedaan heeft.

Waarde ouders,

Ik stel het op hoge prijs hier mijn erkentelijkheid te mogen uitspreken voor alles wat U voor mij gedaan heeft.

Dames en Heren Studenten,

Het feit dat deze rede gewijd is aan de microbiologie van het mariene milieu betekent zeker niet, dat U, voorzover U in de microbiologie geïnteresseerd bent, gebonden zou zijn uitsluitend op dit gebied te werken. Ik zou mij echter kunnen voorstellen, dat ook U bij nadere kennismaking geboeid zal raken door het samenspel van processen in dit milieu. Het zal U bovendien spoedig duidelijk zijn, dat hier talloze problemen om nader onderzoek vragen. De uitspraak „gelukkig zij, die nu beginnen” is dan ook zeker van toepassing op aspirant onderzoekers in de mariene microbiologie.

Ik heb gezegd.

