

Pollutie van de zee en oceanografie

door CPC Marc RENSON

Operationeel directeur onderzoeksprogramma-leefmilieu
bij het Staatssekretariaat voor Wetenschapsbeleid

Belangrijkheid van de zee

Is de zee wel zo belangrijk als leefmilieu om er onze tijd aan te besteden? Een zeeman brengt altijd met een zekere trots naar voren dat 71 pct. van onze planeet met zeeën is bedekt. Van oudsher heeft de zee een emotionele werking op de mens uitgeoefend; zij is en blijft nog steeds een inspiratiebron voor dichters en schilders, zij is het symbool van oneindigheid, van tijdeloosheid, van eenzaamheid en geheimzinnigheid, van kalmte, stille weemoed, maar anderzijds ook van losbrekend natuurgeweld. Zij rijst en daalt, de hele cyclus van het leven is erin vervat en voor ons blijft ze, in een langs alle kanten aangetaste wereld, de verpersoonlijking van de natuur. Is het niet zo dat wij heden allemaal zuchten naar de echte natuur?

De zee dient ook de mens en dit op vele wijzen. Wij kennen haar als esthetisch medium en graag strekken wij ons uit op haar oevers en genieten van haar versterkende geïodeerde atmosfeer. Wij kennen haar heilzame kracht en langs onze kust maken talrijke instituten dan ook dankbaar gebruik van de genezende werking van het zeewater en de zeeatmosfeer. Zij vormt een verbindingsweg tussen volkeren, tussen kulturen en beschavingen. De zee bevat ook een hele reeks scheikundige elementen, waaronder halogenen, alkalimetalen en opgeloste zuurstof een belangrijke rol spelen. Toen men tot de vaststelling kwam dat de onderzeese lagen een belangrijke energiebron insloten, werd ook die met vereende krachten uitgebaat, zodat nu reeds meer dan 17 pct. van de ruwe petroleumproduktie door de zeebodem geleverd wordt. Hetzelfde geldt trouwens voor aardgas. Nu reeds wordt op sommige plaatsen het hydraulisch vermogen van de zee als energiebron benut, zoals bij voorbeeld niet zo ver van ons de Centrale Maréomotrice van de Rance. Op haar bodem rusten tot hiertoe nog niet uitgebate natuurlijke hulpbronnen. De oceaan is ook een rijke voedselbron, van dit voordeel wordt in Europa en in het bijzonder in België te weinig gebruik gemaakt. Inderdaad, wij die geen gebrek aan voedsel kennen, zijn waarschijnlijk een van de zwakste consumenten van vis en schaaldieren.

Te dikwijls echter vergeten wij dat zeeproducten in vele landen, zoals het Verre Oosten en ontwikkelingslanden, het basisvoedsel vormt. Hopelijk zal men binnenkort in staat zijn zeewier en ander materiaal als proteïnebron aan te wenden voor 2/3 van de bevolking die nog steeds honger lijdt. In ieder geval zal men, gezien de bevolkingsexplosie, verplicht zijn, nog voor het einde van deze eeuw, een beroep te doen op de oceaan als voedselbron. Eindelijk, een laatste argument dat weinig aangehaald wordt en mij heel belangrijk voorkomt : door haar bevochtigende en thermoregulerende werking op de lucht – lucht die wij allen inademen –, speelt de zee een essentiële rol in ons leven. Twee derden van de in onze atmosfeer aanwezige zuurstof wordt door het in zee aanwezig plantaardig materiaal geproduceerd en ontzaglijke hoeveelheden op land geproduceerde koolstofdioxide worden door de oceanen geabsorbeerd.

Enorm gebied op onze aardbol, inspiratiebron, esthetisch milieu, beeld van natuur en leven, geneesmiddel, energiebron, bron van natuurlijke grondstoffen, voedselbron en regulator van ons klimaat : de zee is een belangrijk deel van ons milieu en onze aandacht wel degelijk meer dan waard.

Is de zee gepollueerd ?

Hebben wij nu specifieke redenen om dit gedeelte van onze biosfeer meer in detail te bespreken, wordt haar gezondheidstoestand aangetast ? Of om een in de mode zijnde uitdrukking te gebruiken : loopt de zee gevaar gepollueerd te worden ?

Hierbij denken wij onmiddellijk aan de bezoedeling van de zee door de petroleumproducten die het meest tot onze verbeelding spreekt. Wij gruwen van het zicht van een door een vettige laag bedekt zeeoppervlak en -strand omdat ons esthetisch gevoel er rechtstreeks door getroffen wordt. Iedereen herinnert zich de ramp van de Torey Canyon in 1967 en de gevolgen hiervan op het leefmilieu : 100.000 ton petroleum kwam in zee terecht. Oorzaak : een doodeenvoudige navigatiefout, een normaal menselijk falen, een feit te vermelden tussen de gemengde berichten. Niet alleen moesten miljoenen frank gespenseerd worden om de ramp te beperken maar ook werden ontelbare vissen gedood en stierven duizenden zeevogels.

Minder spectaculair maar daarom niet minder belangrijk zijn : een verstoring in het regulerend vermogen van de zeeoppervlakte, een plotse stress in het verbruik van zuurstof, het inbrengen van kanker-verwekkende stoffen, de vergiftiging van plankton, de abnormale en plotselinge ontwikkeling van bepaalde micro-organismen die deze koolwaterstoffen afbreken. Eens de oppervlakkige olielaag verdwenen, blijven er echter nog een groot aantal petroleumcomponenten in de water-

massa werkzaam. Deze componenten reageren met de in zee aanwezige elementen en worden door microscopische organismen zoals bacteriën afgebroken. Deze bacteriën worden op hun beurt opgenomen door hogere organismen. Dit proces herhaalt zich langsheen schelpdieren en vissen tot zeevogels. De door bacteriën opgenomen koolwaterstoffen worden echter in steeds stijgende concentratie in deze reeks levende organismen teruggevonden. Meerdere zeevogels zijn dan ook het slachtoffer geworden van zulke vergiftiging. Op het einde van de voedselketen staat echter de mens die op die manier langzaam maar zeker het gevaar loopt vergiftigd te worden.

Een ander gevaar schuilt in het belangrijkste eigenschap en geheim van de zee: te weten de veelvormige interacties. Beschouwen wij, louter als voorbeeld, de mogelijke interactie van pesticiden en een door olie besmeurd oppervlak.

Gechloroerde koolwaterstoffen zoals pesticiden, o.a. DDT, die voor hygiënische of landbouwdoeleinden gebruikt worden, zijn weinig oplosbaar in zeewater en daarom moeilijk afbreekbaar. Ze zijn daarentegen goed oplosbaar in olie en worden dan metaboliseerbaar voor kleine organismen. Metingen uitgevoerd in een 1 mm dik vlottende olielaag toonden aan dat de concentratie van DDT in deze laag 10.000 maal hoger lag dan in de ondergelegen waterlagen. Het is gekend dat het plankton en bepaalde vislarven 's nachts aan de oppervlakte komen. Hoogstwaarschijnlijk nemen zij de in deze olielaag opgeloste chloor-koolwaterstoffen op en concentreren ze. Dit kan voor deze organismen en hun predators een gevaar inhouden. Dit was maar één geval vermeld in de gemengde berichten.

Deze ongevallen zijn, alhoewel geen dagelijkse feiten, toch niet zo zeldzaam. Santa Barbara is wel in onze kranten verschenen: een paar regels, ondergebracht bij de algemeenheden. Deze feiten waren er nochtans de oorzaak van dat in 1969, 600.000 ton olie op het zeeoppervlak terecht kwam.

Ongevallen met tankers zijn echter niet de enige oorzaak van olieverspreiding op zee. Petroleum is nog steeds één van de belangrijkste energiebronnen en het grootste gedeelte wordt per schip over zee vervoerd. Voor hun reis tussen lossings- en ladingspunten nemen de tankers water aan boord voor twee redenen: stabiliteit en schoonmaak van de ladingsruimten. Niettegenstaande het bestaan van een internationale conventie en technologische mogelijkheden wordt dit olie-watermengsel nog te dikwijls rechtstreeks in zee geloosd en ledigen andere schepen hun lensvlakken in zee. Raffinaderijen, industrieën en huishoudens lozen ook olie met hun alvalwater. Deze afvalwaters, rechtstreeks in zee geloosd of langs rivieren naar zee gebracht bevuilden in hoge mate het zeeoppervlak.

Enkele cijfers zullen ons concreet het probleem voor ogen brengen.

	<i>Productie</i>	<i>Zeevervoer</i>
1965	1.500 miljoen ton	
1969	1.800	1.180 miljoen ton
1975 geschat	2.700	1.820
1980	4.000	2.700

De schatting van de hoeveelheid olie die aldus in zee terecht komt varieert van 2 tot 5 miljoen ton in 1969. De juiste cijfers zijn niet zo belangrijk voor ons, want een eenvoudige lineaire extrapolatie op basis van het laagste cijfer 2 miljoen toont aan dat in 1975 3 miljoen ton en in 1980 4,5 miljoen ton in zee zouden terechtkomen, als wij tenminste geen strenge maatregelen nemen. Nu al stellen wij vast dat het absorptievermogen voor koolwaterstoffen overschreden is want het water is universeel door een oliefilm bedekt. Vroeger werd olie soms op de maritieme routes gezien, vandaag wordt haar aanwezigheid overal door zeelieden en zeeliefhebbers vastgesteld.

Als wij nu een andere aanvoerweg van koolwaterstoffen in acht nemen, nl. de atmosfeer die ze vervoert, dan moeten wij de bovenvermelde cijfers nogmaals verhogen en sommigen beweren zelfs dat wij deze met 5 moeten vermenigvuldigen. Olie verpest de zee en zonder maatregelen kan de toestand heel snel verslechteren zonet hopeloos worden. Onder de gevaarlijke effecten van petroleumcomponenten in zeewater kunnen wij dan o.a. vernoemen :

- de vergiftiging van organismen zoals mosselen, oesters, vissen en zeevogels. Experimenten hebben aangetoond dat concentraties zo laag als 25 p.p.m. de dood van weekdieren tot gevolg hebben. Hierbij moeten wij niet vergeten dat de filter-feeders elementen kunnen concentreren tot duizendmaal de concentratie van deze elementen in hun milieu ;
- aantasting en afsterven door verstikking ;
- aantasting en vernietiging door contact met opgeloste toxische componenten ;
- evenwichtsverstoring in het systeem.

Laten wij nu andere pollutanten behandelen omdat de bezoedeling door koolwaterstoffen slechts een voorbeeld was en een eenzijdig en verkeerd beeld van de toestand zou geven.

2 à 3 percent van de globale productie van stoffen als DDT komen jaarlijks in het zeewater terecht langs het afloopwater, rivieren en stromen. 25 percent komt in zee terecht langs de atmosfeer (schatting van het jaar 1967). De verspreiding van DDT is in de zeeën nagegaan geweest : residuele DDT werd gevonden in concentraties tot 0,4 à 6

p.p.m. in walvissoorten die zich essentieel voeden met benthos organismen van de Behringzee. Concentraties tot 10 p.p.m. werden gemeten in zeevogels die zich voeden met planktonorganismen ver uit de kustlijn. Een niveau van 2 p.p.m. is niet zeldzaam in migrator tonijn en concentraties tot 800 p.p.m. werden vastgesteld in de vetweefsels van sommige zeedieren (Butler, 1969). De aanwezigheid van DDT in de kustzones is zeer veranderlijk en kan in het water tot 6 p.p.m. oplopen. DDT werd gevonden in de Noordpool- en in de Zuidpoolgebieden, streken, waar pesticiden nooit gebruikt zijn. Deze waarnemingen laten ons besluiten dat de zeeën het ultieme oord zijn voor de accumulatie van een groot gedeelte der geproduceerde pesticiden. Welke de juiste cijfers ook mogen zijn, zonder de nodige maatregelen kunnen ze, wegens de intensivering van de landbouw, alleen maar verhogen. Reeds nu brengt de aanwezigheid van deze stoffen in zee ecologische weerslagen met zich mee. De acute en chronische toxiciteit van pesticidefragmenten in vitro werd reeds vastgesteld. Experimenten hebben aangetoond dat deze stoffen in concentraties zoals ze in de kustwateren aangetroffen worden een negatieve invloed op de reproductie en de groei van zeorganismen uitoefenen. Voor zoöplankton, commerciële garnaalsoorten en krabben ligt de lethale dosis reeds bij concentraties van delen per milliard (p.p.b. Butler, 1964). Voor gedurende 20 dagen continue blootgestelde garnalen aan een concentratie van 0,2 p.p.b. in het milieu ligt het sterftecijfer rond de 100 pct. (Nimmo, Wilson, Blackmann). De groei van weekdieren zoals oesters wordt bij concentraties van 0,1 p.p.b. reeds geremd (Butler, 1969). Deze weekdieren hebben zoals hoger vermeld de vervelende eigenschap deze pesticiden te concentreren en kunnen zo een gevaar betekenen voor de verder in de voedselketen staande organismen. In vivo uitgevoerde experimenten wijzen ook op nefaste ecologische invloeden. Zo vertoonden de broed-eieren van de zeeforel op de kusten van Texas - Golf van Mexico, een DDT concentratie van 8 p.p.m. en viel de normale populatie van 20 forellen per acre in 1964 terug tot 0,2 forellen per acre in 1969. Voor zeevogels is de toestand nog minder rooskleurig. Men heeft sterftegevallen genoteerd door opstapeling van DDT in de weefsels van valken en arenden.

Om dit donker beeld volledig te maken moet hier nog worden aan toegevoegd, dat over het afbraakmechanisme van pesticiden in zeewater weinig gekend is en alleen vaststaat dat hun afbraak zeer moeilijk verloopt en waarschijnlijk tientallen jaren vergt.

Buiten deze hoger genoemde polluenten, nl. petroleumprodukten, koolwaterstoffen en pesticiden treft men nog een gamma andere polluenten aan, zowel organische als anorganische : bij voorbeeld nitraten, fosfaten, fenolen... zware metalen zoals kwik, cadmium, chroom... bovendien basen en zuren. Deze opsomming is niet volledig, maar een volledige lijst zou ons te ver voeren.

Onder de vernoemde pollutanten geniet kwik een slechte faam en terecht. Het staat gekend als een sterk vergif voor alle levende organismen. In het beginstadium van de ziekte is het zeer moeilijk een diagnose te stellen en eens de gevaarlijke concentratie bereikt, zijn de effecten praktisch irreversibel. Kwik wordt voor uiteenlopende doeleinden gebruikt waaronder :

- elektrische uitrusting
- elektrolytische bereiding van chloor
- fabricatie van Natriumhydroxide (Soda)
- laboratoriumexperimenten
- pesticiden
- papierindustrie
- verffabrikatie.

Voor sommige doeleinden wordt Hg aangewend als katalysator en dus praktisch onveranderd teruggevonden in het effluent. De nu waargenomen kwikbezoedeling is grotendeels te wijten aan de industriële afvalwaters en pesticiden in de landbouw aangewend. Vergiftigingsgevallen werden gemeld bij vele levende wezens, waaronder ook de mens. Zulke gevallen zijn ondermeer gekend in Japan, Zweden, Verenigde Staten en Canada. De twee meest sprekende voorbeelden gebeurden in Japan in 1967 : na consumptie van vis vielen er in Minimata 41 doden en 111 zware vergiftigingsgevallen te betreuren, in Niagata kort daarop 5 doden en 26 zware gevallen van kwikvergiftiging. Nog niet zo lang geleden werden ingevoerde visconserven geweigerd wegens een te hoog kwikgehalte. Kwik is een vergif ingebracht in het zeemilieu. De aanwezigheid is een feit en de nefaste effecten staan vast. Alle bijkomende hoeveelheden kunnen het nu reeds kritisch niveau alleen maar verhogen.

Liever dan in algemeenheden te blijven heb ik getracht concrete voorbeelden aan te halen, ik leg er dus de nadruk op dat dit enkel voorbeelden zijn en dat men er talloze andere zou kunnen geven. Kwik is slechts één van de zware metalen en men had evengoed cadmium, zink, lood kunnen behandelen. Ik denk nochtans dat deze voorbeelden voor zichzelf spreken en dat U het met mij eens bent dat de zee bezoedeld is.

Waarom iets doen en wat doen ?

Iets vaststellen is één punt, al belangrijk genoeg op zichzelf, maar de vaststelling van een mogelijk gevaar vergt actie, temeer daar dit gevaar de mensheid bedreigt.

Zonder de fout te begaan van de mens het centrum van de natuur te willen maken, gaan we toch akkoord, meen ik, dat de mens, al was het maar van evolutief standpunt uit gezien, een gewichtige plaats in de natuur inneemt. Om rationeel en effectief tegen het gevaar te

kunnen optreden is het allereerst nodig te begrijpen hoe deze toestand zich ontwikkeld heeft en zich nog steeds ontwikkelt. De oorzaak van de ziekte moet ontdekt worden want het verhelpen van de symptomen alléén kan niet voor lang voldoen : de ziekte zou verraderlijk met meer kracht toeslaan.

Langs waar komen de pollutanten in zee ? Zij worden toegevoegd met de regen, afloopwaters, rivieren en stromen, langs de atmosfeer en langs de bodem en kusten. Langs deze wegen zijn er altijd pollutanten aangevoerd geweest door seepage in de zeebodem, door erosie van kusten en vanaf het vasteland door de winden die stof en gassen vervoeren. De zee was tot dan toe niet gepollueerd. Dan kwam de mens en zijn activiteiten zowel op land als op zee brachten hierin verandering. Er werd gevaren en in de industrie heerste een koortsachtige bedrijvigheid. Het evenwicht van het milieu was nog steeds niet te veel verstoord. Voor het lozen van onze afvalstoffen legden wij rioleringen aan. „Le tout à l'égout” was een vooruitgang in openbare hygiëne, maar dat werd langzamerhand le tout in het water en uiteindelijk le tout naar zee. Gezien de onmetelijkheid van oceanen, rivieren en lucht vond men het vanzelfsprekend dat de zeeën al onze afval konden verteren. De menselijke bevolking neemt echter onrustwekkend toe, wij beleven een fantastische ontwikkeling in de wetenschappelijke kennis en technologische vondsten, wij gebruiken en vragen steeds meer energie, wij vinden steeds nieuwe produkten uit. Sommigen menen dat de mens binnenkort alles zal kunnen verklaren en de natuur zal kunnen beheeren. Op dit ogenblik scheidt de natuur echter problemen, de natuur vlogt niet meer, zij wordt ziek, gepollueerd zeggen wij nu. Wij hebben haar zelfreinigend vermogen overschreden, en toch geloven sommigen nog steeds dat de zee alles kan verwerken. Immers, de afvallen die te gevaarlijk schijnen om op land behandeld te worden lozen zij rechtstreeks in zee. De menselijke activiteit, zowel het vervoer, de industriële als de huishoudelijke activiteit is de oorzaak van de zeepollutie. Als wij niet wensen dat drie vierden van onze aardbol in een walgelijke en vergiftigde vuilnispoel verandert, en wij zijn goed op weg, dan moeten wij maatregelen treffen. Als wij hieraan willen verhelpen dan moeten wij de oorzaken van zulke toestand wegnemen en niet enkel de symptomen laten verdwijnen. Eenvoudig geredeneerd zou dit tot de conclusie kunnen leiden dat de menselijke activiteiten moeten herleid worden tot deze die bestonden toen de zee niet gepollueerd was. Wij zouden kunnen instemmen met de beweging die het principe van de zero growth huldigt.

Het is echter een valse oplossing, zoals de meeste extremistische oplossingen. Het is een valse oplossing want in feite zijn het niet de menselijke activiteiten die de echte oorzaak van de pollutie zijn, maar wel de manier waarop deze activiteiten uitgevoerd worden. Het zou een valse oplossing zijn morgen overal DDT te verbieden ; dit zou herneeming van ziekten betekenen. Het is de manier waarop DDT gebruikt

wordt die moet herzien worden. Als wij DDT met vliegtuigen verspreiden bereikt meer dan 1/4 nooit zijn doel en gaat rechtstreeks langs de atmosfeer naar zee toe. Het zou een valse oplossing zijn het gebruik van pesticiden morgen volledig te stoppen, het zou betekenen dat gans de menselijke bevolking en niet meer 2/3 honger zou lijden.

Het is niet omdat Natriumhydroxide gefabriceerd wordt dat wij kwik in het water vinden, maar omdat kwik met het effluent afgevoerd wordt. De zuiveringstechnologie bestaat, maar kost teveel en de toepassing van kost/efficaciteit technologie geeft negatieve uitslagen. Het is niet door de ruwe olie die vervoerd wordt, dat de zee met petroleumprodukten besmet wordt, maar wel, ongevallen uitgesloten, door het leegpompen van bij voorbeeld lensvlakken in zee. De technologie en procedure van load on top bestaat, de uitrusting voor het afpompen van vuil water aan wal bestaat, onder andere bezit Antwerpen een moderne installatie van deballasting. Het kost echter geld en wordt niet of bijna niet gebruikt. Het is zo eenvoudig rechtstreeks in zee en soms in de haven te lozen, het kost niets ! Wij zouden zo gedurende uren voorbeelden kunnen geven. Wij maken misbruik van grondstoffen en natuurelementen : van grondstoffen omdat de prijs te hoog ligt voor hun recuperatie. De natuurelementen beschouwen wij niet als economisch goed omdat wij van oordeel zijn dat zij oneindig en kosteloos te onzer beschikking staan.

De oorzaak van de pollutie is onze manier van handelen, onze filosofie. Vooruitgang en milieubeheer zijn geen tegenstrijdige akties als wij een nieuwe dimensie in onze filosofie inbrengen : de natuur-economie. Wij moeten onze filosofie van een „welvaart” veranderen in een filosofie van een „welzijn”.

Natuur-economie betekent dat wij een prijs gaan moeten bepalen voor lucht, water, ruimte, ecologie, het schone... Dit wil zeggen nieuwe parameters introduceren om beslissingen te treffen. Van nu af kunnen zekere maatregelen genomen worden maar het energiepotentieel van de natuur moet steeds gebruikt kunnen worden en onder andere het zelfreinigend vermogen. Dit wil zeggen dat wij dit zelfreinigend vermogen moeten kennen en kunnen voorspellen. Door onze fout, nalatigheid en onwetendheid is de zee bezoedeld, wij willen haar echter opnieuw gezond maken en houden, wij willen dat gedeelte van ons leefmilieu beheren en voor dit beheer is het nodig kennis van het systeem te bezitten. De oceanografie moet en zal hierin helpen.

Oceanografie

Oceanografie is een jonge wetenschap. Alhoewel reeds vele gegevens beschikbaar zijn mogen wij niet geneigd zijn te denken dat wij volledig gewapend zijn om het beheer onmiddellijk op ons te nemen.

Zoals onze wetenschappelijke structuren en tradities waren de onderzoeken op oceanografisch gebied ingedeeld in compartimenten : de disciplines. Dit is trouwens nog te dikwijls het geval en niet enkel in ons land. Men bestudeerde de hydrodynamica van de zee, scheikundige parameters werden nagegaan, biologie en onderzoek verricht, altijd in hun compartiment en te weinig werden de interacties tussen deze disciplines onderzocht. Als natuurwetenschap, vertoonde de oceanografie deze karakteristieken ook. Maken wij vooral de fout niet, misprijzend neer te kijken op dit werk : onze voorgangers hebben met de middelen die beschikbaar waren moeten werken. Vergeten wij niet dat de moderne uitrustingen pas gedurende de laatste decades ontwikkeld werden en de oceanografie een wetenschap is die zeker achterstond op dat gebied.

Dit beschrijvend werk is belangrijk en in België staan wij hiermede voorop, want de resultaten van vijftig jaar standvastige biologische observaties in onze streek ligt ter onze beschikking. Dit beschrijvend werk laat ons echter maar toe a posteriori de distributie van populaties vast te stellen. Slechts jaren na het gebeuren kunnen wij constateren dat er zich veranderingen hebben voorgedaan. Dit beschrijvend gedeelte laat in de meeste gevallen ook niet toe de evolutie te voorspellen.

Op hydrodynamisch gebied was het werk noodzakelijkerwijze wat verder gevorderd. Het voorspellen van stromingen kan men reeds geruime tijd, tenminste wat oppervlaktestromingen betreft en sommige correlaties werden zelfs experimenteel gevonden, vnl. in verband met windrichting en windkracht. Dit laat ons echter niet toe de verplaatsing van zwevende en vlottende elementen in het zeewater te bepalen of te voorspellen. Wij beschikken over een uitstekende beschrijving van de zee, vrucht van zorgvuldig uitgestippeld werk van biologen die de maritieme flora- en fauna-inventaris opgesteld hebben, van chemici die ons de uitslagen van de in vitro nagebootste waargenomen fenomenen hebben overgemaakt, van hygiënisten die ons lijsten met de in zee aanwezige microörganismen en zo mogelijk hun concentraties hebben overgemaakt. Deze elementen volstaan echter nog niet om de zee in al haar facetten te doorgonden. Dit moet ons niet verbazen omdat de zee niet in compartimenten onder te verdelen is. De zee vormt een geheel, een systeem, een ecosysteem. De chemische reacties zijn hierin niet enkel onderworpen aan de scheikundige wetten, maar worden ook bepaald door fysische en biologische interacties.

Een pollutant, in zee gebracht, kan scheikundig reageren met andere elementen van het milieu maar is anderzijds ook onderworpen aan stromingen en getijden die hem verplaatsen, aan de aanwezigheid van de levende organismen, plankton, of hogere organismen die hem kunnen opnemen, aan de aanwezigheid van partikulen waarop hij vastgehouden kan worden en ermee sedimenteren, aan zee-interne bewegingen die hem van de bodem terug in suspensie kunnen brengen.

Op dezelfde manier zijn ook interacties terug te vinden voor de andere takken : biologie en hydrodynamica. De zee, zoals heel het leefmilieu is het domein van interacties, vormt een systeem van afhankelijke factoren en ik citeer Jacques NIHOUL : „Het geheim van de zee is dit van de veelvormige afhankelijkheid tussen fysische, chemische en biologische processen, van de complexe interacties aan de grenzen : kusten, bodem, atmosfeer en van de bestendige en afwisselende uitwisselingen tussen levenloze materie en leven”.

Het begrijpen van dit geheim, het verstaan van deze interdisciplinaire afhankelijkheid, het waarnemen en uitdrukken van deze interacties en afwisselingen vormen de nieuwe richtlijnen voor de moderne oceanografie. Deze bepaling van het geheim van de zee schetst heel duidelijk de evolutie en ik zou durven zeggen de revolutie in de oceanografie die ons moet toelaten van beschrijving naar interpretatie over te gaan.

Interpretatie alleen is nog niet voldoende want het doel waarnaar wij streven is beheer, en beheer vergt voorspelling. Wij moeten deze elementen nog in een systeemanalyse onderbrengen en behandelen. Het systeem moet fysisch, scheikundig en biologisch beschreven worden door veranderlijken die op hun beurt ondergebracht worden in een compleet stel evolutie-vergelijkingssystemen, mathematisch model genoemd.

En ons vergelijkingssysteem wordt onderworpen aan de heersende condities op de grenzen (boundary conditions) die continu opgemeten moeten zijn. De grenskondities die bepaald moeten worden zijn : de uitwisseling van de zee met de kusten, estuaria, atmosfeer en sedimenten van de bodem.

Dit is het nieuwe inzicht in de oceanografie die ons de voorspelling en de benadering zal toelaten van de optimale compromisoplossing tussen industrialisering, vooruitgang en de nood de essentiële natuurlijke hulpbronnen te beschermen. Inspanningen worden in de wereld geleverd om aan deze nieuwe eisen te beantwoorden. Onder andere in België besloot de regering in oktober 1970, op voorstel van de Minister voor Wetenschapsbeleid, een onderzoeksprogramma op punt te stellen, dat ons het beheersinstrument voor onze zone, het zuidelijk gedeelte van de Noordzee, moet leveren.

Het is evident dat de diversiteit en het aantal parameters die de toestand van de zee karakteriseren zo groot is dat het onmogelijk wordt ze allemaal als veranderlijken in te lassen en een evolutievergelijking voor elk op te zoeken. De meest perfecte computer zou nog te eenvoudig zijn om het systeem op te lossen. De keuze van een beperkt aantal parameters die representatief zijn voor het betrokken ecosysteem was dus nodig. De Belgische navorsersploeg is erin geslaagd opmeetbare parameters te bepalen en er de evolutievergelijkingen voor te schrijven. Men heeft besloten de pollutanten te volgen niet in alle vormen waaronder zij kunnen voorkomen, maar in hun totale concentratie in

verschillende „fasen”, nml. : in oplossing, in suspensie, in de marine-organismen door de zee vervoerd zoals plankton, in de sedimenten en in verschillende levende marine-families op verschillende niveau's van de voedingsketen.

Worden daarbij bepaald : de fysische parameters zoals stromingen, getijstromingen, residuële stromingen, enz...

– De fysische parameters van groot belang voor de chemie, zoals zoutgehalte, temperatuur, druk.

– De chemische en fysische parameters in betrekking tot de voeding van de biotopen zoals opgeloste zuurstof, pH, doorzichtigheid, beschikbare stikstof en fosfor. Wij moeten de biologen immers informeren over de voedingsmogelijkheden van het milieu.

– Chemische parameters rechtstreeks aan de pollutie verbonden, zoals concentraties in zink, lood, kwik, cadmium, pesticiden en detergenten – residus, koolwaterstoffen. Want wij moeten weten hoeveel, waar en hoe deze produkten in de voedingsketen binnendringen. Tenslotte worden voor de biologische fasen diversiteitsaanwijzers en biomassa's bepaald.

Zodoende volgt de uitdrukking van de vergelijkingen uit een compleet bilan. Bij voorbeeld is de variatie in de tijd van een pollutant, zoals kwik in opgeloste toestand, het resultaat van : stroomadvectie, diffusie door de waterbeweging, eigen verplaatsing, lokale produktie of destruktie door uitwendige factoren, lokale produktie of destruktie door chemische en biochemische interakties.

Dit alles geeft U een idee van het enorme werk, dat ook grote middelen vereist.

Onder de leiding van het Staatssecretariaat voor Wetenschapsbeleid, de Interministeriële commissie voor wetenschapsbeleid en de wetenschappelijke leiding van Professor Jacques NIHOUL werken 250 navorsers en technici in 41 laboratoria en aan boord van vijf schepen van onze Zeemacht.

Het werk en de al verkregen interimuitslagen plaatsen België aan de top van de moderne oceanografie. Men zou zich de vraag kunnen stellen waarom België met zijn 64 kilometer kuststrook zulke inspanningen levert. Eén onzer Koningen heeft eens gezegd : „Een land dat een opening op de zee heeft is een groot land”. Dit bleef een waarheid door de jaren heen en ons land is dus geen klein land. Het bezit een hoge kultuur, een enorm wetenschappelijk potentieel en is sterk ge-industrialiseerd. Als consumptiemaatschappij komt België voor tussen de 10 rijkste naties. Deze positie geeft ons vele rechten maar nog meer plichten, plichten die wij te dikwijls geneigd zijn te vergeten.

Oceanografie is ook een topwetenschap geworden. Interdisciplinair van aard, kan ze bijdragen tot de nodige hervorming van onze traditio-

nele structuren en tot het welzijn van de mensheid. De oceanografie ontwikkelt zich snel en ligt aan de basis van nieuwe technologische ontwikkelingen waarvan de toepassingen veelvuldig zijn. Dit kan ook bijdragen tot ons economisch welzijn. Spijtig genoeg bezitten de Belgen meestal geen sterk ontwikkelde maritieme geest. Wèl bezitten wij een gevormde elite en een wetenschappelijk potentieel, dat andere, grotere naties ons soms benijden. Oceanografisch onderzoek vergt daarbij nog schepen, uitrustingen en bemanningen, bemanningen die de doelstelling moeten begrijpen om de experimentele proefnemingen in situ te leiden. Onze Belgische Zeemacht heeft tot hier toe en sinds lang dit gedeelte verzorgd. Haar potentieel en mogelijkheden worden echter alle dagen wat beknot en wij zouden kunnen vrezen dat na verloop van het aan de gang zijnde nationaal programma, ons wetenschappelijk potentieel, onze interdisciplinaire, interuniversitaire en interministeriële navorsersploegen de steun niet meer zouden vinden om hun ervaring benuttigen te maken. Oceanografie, topwetenschap, moet zich verder kunnen ontwikkelen en de nodige steun en middelen ter beschikking krijgen in ons land.

Ik vind onze Belgische Marine Academie het gepast forum om deze idee te verspreiden en te steunen.

Synthese

De zee, heel belangrijk gebied van onze planeet, is gepollueerd en de manier waarop wij ons beleid voeren laat haar alle dagen grotere gevaren lopen.

Wij misbruiken deze mogelijke bron van welzijn vandaag, en nodige bron van voedsel en natuurlijke hulpbronnen, morgen.

Wij moeten overgaan naar een nieuwe filosofie waarin de natuur-economie een belangrijke plaats inneemt. Zekere akties kunnen en moeten onmiddellijk ondernomen worden maar voor een rationeel beheer van de zee moet men een beter begrip van de zee of liever van het systeem „zee” hebben.

Dit begrip kan ons alleen gegeven worden door de oceanografie, de nieuwe oceanografie, essentieel interdisciplinair. Wij hebben het geluk over een enorm wetenschappelijk potentieel te mogen beschikken, mensen die snel en effectief de zorgvuldig afgebakende lijn van hun disciplines hebben kunnen verlaten om in ploeg, interdisciplinair, te komen werken. Interdisciplinair: een nieuwe karakteristiek van de wetenschappelijke activiteiten, echter zo moeilijk te verwezenlijken.

Het zou wel jammer zijn deze rijkdom niet uit te baten. Wij, als klein land in getalsterkte en oppervlakte op de wereldschaal, hebben het geluk tussen de rijke naties te zetelen. Deze voordelige positie geeft ons echter meer plichten dan rechten.

De zee is gepollueerd, het is nog niet te laat, maar het is dringend tijd in aktie te treden en deze aktie moet rationeel zijn. Laten wij ons vooral niet ontmoedigen door sommige alarmkreten. Gevaren bestaan, het is een feit, en wij moeten ze onder ogen durven nemen maar vooruitgang en milieubeheer zijn niet tegenstrijdig.

De toekomst zal uitwijzen of onze wil en capaciteit, onze filosofie en de verandering in onze denkwijze „welvaart-welzijn”, de oplossing zullen brengen voor de nu heersende problemen in een zieke wereld. Het aanpassingsvermogen van de mens geeft ons echter alle redenen om optimistisch de toekomst tegemoet te zien.

KRITISCH APPARAAT

1. Report of the study of critical environmental problems (SCEP). *Man's Impact on the global Environment*. Sponsored by the Massachusetts Institute of Technology. - MIT 162/MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London - 1970.
2. Environmental Quality - First Annual report of the council on environmental quality - USA - August 1970.
3. Report and proceedings of the symposium on the pollution of the sea. United Nations - Food and Agriculture organization - Rome - December 1970.
4. Proceedings of the colloquium on the pollution of the sea by oilspills. NATO - Committee of the Challenges of Modern Society - November 1970. Publications 1 : M. RENSON.
5. J. A. TERNISIEN, *Les pollutions et leurs effets. La lutte contre les pollutions*. Presses Universitaires de France, Paris.
6. ROMANOVSKY, *Physique de l'Océan* - Seuil, Paris.
7. J. M. PÉRES, *La Vie dans l'Océan* - Seuil, Paris.
8. Pollution of the North Sea. Conference of Aviemore Nov. 1971. NATO Science Committee Conference.
9. J. NIHOUL, *La Pollution des Mers* - Collection an 2.000 - 1972.
10. PHILIPPE SAINT MARC, *Socialisation de la Nature* - Stock, Paris, 1971.
11. Rapport Meadows - *Halte à la Croissance* - Fayard, Paris, 1972.
12. J. NIHOUL, *Ecosystemologie et écoinformatique*. Informations n° 66 janvier 1972.

Synthèse

Pollution de la mer et océanographie

La mer, importante partie de notre planète, est polluée et la manière dont nous la gérons lui fait courir des dangers croissants chaque jour.

Nous faisons un mésemploi de cette source possible de bien-être aujourd'hui, source qui demain deviendra nécessaire pour assurer les besoins alimentaires et les besoins en matières premières de notre monde.

Nous devons rapidement changer notre philosophie et y réserver une place de choix à l'économie de la nature.

Certaines actions peuvent et doivent être entreprises immédiatement. Cependant, l'action rationnelle à long terme ne sera possible que par l'acquisition d'une

meilleure compréhension de la mer, ou, mieux, du « système mer » ; et, cette connaissance essentielle ne peut nous être fournie que par l'océanographie, l'océanographie dans son concept nouveau, essentiellement interdisciplinaire.

Nous avons la chance de disposer d'un potentiel scientifique très important, et, ces scientifiques ont pu rapidement et efficacement dépasser les barrières des disciplines si soigneusement gardées pendant si longtemps pour travailler en équipe dans une réelle interdisciplinarité, cette nouvelle caractéristique de la recherche, tellement difficile à réaliser.

Il serait dommage de ne pas exploiter cette richesse, car, si nous, petit pays, dans l'ensemble mondial, avons le plaisir de siéger parmi les nations riches, nous ne devrions jamais perdre de vue que cette position avantageuse nous donne plus de devoirs que de droits.

La mer est polluée, il n'est pas encore trop tard ; il est urgent de prendre action sans nous laisser décourager par certains cris alarmistes. Progrès et environnement ne sont nullement contradictoires.

Il y a danger, certes, et nous devons avoir le courage de les regarder en face. L'avenir montrera si notre capacité et notre volonté seront suffisantes pour apporter une solution à notre monde malade d'aujourd'hui.

Historiquement, la capacité d'adaptation de l'homme nous donne tout raison d'espérer et d'affronter l'avenir avec optimisme.

Summary

Sea pollution and oceanography

The sea, 2/3 of our earth, is polluted and the way we manage that important piece of our planet brings every day more dangers for her health.

We misuse this possible source of well-being today, this source of nutritive elements which will become essential tomorrow.

A change in philosophy must rapidly be met and in these a place of choice is to be given to nature-economy.

Actions can and must immediately be taken. However the long term rational action will only be possible by a more comprehensive knowledge of the sea or rather the system sea.

Oceanography within her new interdisciplinary concept is the way to afford us with the necessary knowledge.

We have a very important potential in scientists ; more, those scientists have proven their ability to pass rapidly over the borders of disciplines so carefully watched and guarded for such a long time, their ability to come to real interdisciplinarity that new characteristic of research so uneasy to obtain.

We have no excuses not to exploit this richness because we must never forget that the honour, for a small country like ours, to be amongst the rich nations in the world, this honour gives us more obligations than rights.

The sea is polluted. It is not too late but urgently time to take action. Let us not be discouraged by alarm cries ; progress and environment are not contradictory.

Dangers exist, it is time. We must find the courage to face them.

The future will show us if our capacity and goodwill will be great enough to bring a solution to our sick world of today.

Historically, the adaptation capacity of men gives us all reason for hope and look optimistic to future.