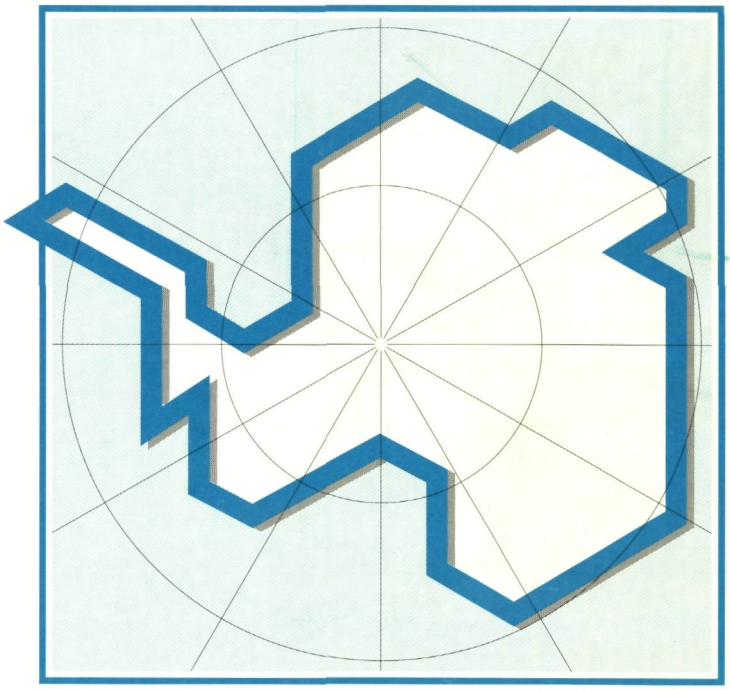
DIENSTEN VAN DE EERSTE MINISTER

PROGRAMMATIE VAN HET
WETENSCHAPSBELEID

ANTARCTICA



BELGISCH WETENSCHAPPELIJK
ONDERZOEKPROGRAMMA
BETREFFENDE HET ZUIDPOOLGEBIED

EERSTE FASE (1985-1989)

SYNTHESEVERSLAG

ANTARCTICA

PROGRAMMATIE VAN HET WETENSCHAPSBELEID
WETENSCHAPSSTRAAT 8 - 1040 BRUSSEL
TEL : +32 (2) 238 34 11
FAX : +32 (2) 230 59 12
TELEX : 24 501 prosci b

DIENSTEN VAN DE EERSTE MINISTER
PROGRAMMATIE VAN HET
WETENSCHAPSBELEID

DOCUMENT ANTAR/90/1
BRUSSEL • JUNI 1990

ANTARCTICA

BELGISCH WETENSCHAPPELIJK
ONDERZOEKPROGRAMMA
BETREFFENDE HET ZUIDPOOLGEBIED

EERSTE FASE (1985-1989)

SYNTHESEVERSLAG

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD III

OPERATIONELE SAMENVATTING IV

1 ACTIEKADER

1.1 INLEIDING 1

1.2 POLITIEKE ASPECTEN 1

1.2.1 INTERNATIONAAL STELSEL VAN ANTARCTICA 1

1.2.2 BELGIE'S PLAATS 4

1.3 WETENSCHAPPELIJKE ASPECTEN 7

1.4 ECONOMISCHE ASPECTEN 10

1.4.1 LEVENDE RIJKDOMMEN 10

1.4.2 MINERALE RIJKDOMMEN 10

1.4.3 ANDERE 12

1.5 RECENTE ONTWIKKELINGEN 14

2 INHOUD VAN HET PROGRAMMA

2.1 MOTIVATIES 15

2.2 DOELSTELLINGEN 16

2.3 OPERATIONELE KEUZEN 16

2.3.1 BEGROTING 16

2.3.2 DUUR, BEHEER EN COORDINATIE 17

2.3.3 DOMEINEN EN ONDERZOEKTHEMA'S 19

3 VERLOOP VAN HET PROGRAMMA

3.1 FOLLOW-UP VAN HET ONDERZOEK 22

3.2 INTERNATIONALE SAMENWERKING 22

3.3 CAMPAGNES IN ANTARCTICA 24

3.4 RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK 28

3.4.1 PLANKTONECOLOGIE 28

3.4.2 MARIENE GEOCHEMIE 32

3.4.3 MARIENE GEOFYSICA 33

3.4.4 GLACIOLOGIE - KLIMATOLOGIE 34

3.5 VERSPREIDING 40

4 GLOBALE BALANS 41

5 BIJLAGEN

5.1 PUBLICATIES 45

5.2 REFERENTIES 49

5.3 LIJST VAN ACRONIEMEN 51

VOORWOORD

Dit rapport wil een overzichtelijke beschrijving geven van de actie die België ondernomen heeft om haar aanwezigheid in de internationale wetenschappelijke activiteit op Antarctica te concretiseren voor de periode 1985/89.

Men kan de doelstellingen, modaliteiten en resultaten van deze actie niet analyseren en begrijpen zonder vermelding van de internationale politieke en economische context waarin onze hele nationale wetenschappelijke activiteit ruimer gesproken ligt en die Antarctica als kader heeft, naast de strikt wetenschappelijke aspecten uiteraard.

Het is aan deze diverse aspecten en de implicaties ervan voor België dat het deel ACTIEKADER van dit rapport gewijd is.

Het onderwerp van deel twee, INHOUD VAN HET PROGRAMMA, beschrijft de gedetailleerde kenmerken van het Programma.

Een derde deel, VERLOOP VAN HET PROGRAMMA, brengt verslag uit over de diverse aspecten van de uitvoering ervan. Het gaat voornamelijk om de campagnes op Antarctica en de onderzoekresultaten.

DE GLOBALE BALANS van het Programma wordt voorgesteld in het laatste deel van het rapport.

Dit rapport werd voorbereid door Dhr. S. Caschetto, die de huidige verantwoordelijke is voor het Programma.

Het werd goedgekeurd door het Interdepartementeel Begeleidingscomité van het Programma op 15 augustus 1990.

OPERATIONELE SAMENVATTING

Het wetenschappelijk onderzoekprogramma betreffende het Zuidpoolgebied werd geconcipieerd op initiatief van de Minister van Wetenschapsbeleid, en uitgewerkt door de DPWB in de vorm van een gecoördineerde thematische actie. Deze actie werd nationaal georganiseerd en liep over verschillende jaren. Het Programma werd doorgevoerd ter uitvoering van de beslissing van de Ministerraad van 29 juli 1985.

Het Programma bestaat uit tien onderzoekthema's, overeenkomstig internationaal erkende wetenschappelijke prioriteiten, die vier domeinen beslaan : planktonecologie, mariene geochemie, mariene geofysica en glaciologie-klimatologie.

Het onderzoek begon op 1 oktober 1985 en werd afgesloten op 31 januari 1989. De uitvoering ervan werd toevertrouwd aan teams die daarvoor werden opgezet en waarbij de zes volledige universiteiten van het land betrokken waren. Het globale beleid, de coördinatie van het onderzoek en de verspreiding van hun resultaten werden toevertrouwd aan de DPWB. De follow-up van het Programma ging naar een interdepartementeel comité.

Er werd een totale begroting van 91 585 000 BEF uitgetrokken voor de hele duur van het Programma (oktober 1985 - oktober 1989).

Men koos voor deze formule om België's wil te concretiseren internationaal aanwezig te blijven in het domein van wetenschappelijk onderzoek op Antarctica.

Ondanks het ontbreken van geëigende logistieke middelen en in weerwil van beperkte budgettaire middelen, gaf het Programma blijk van zijn operationeel karakter.

Deze inspanning werd heel gunstig onthaald, zowel door de internationale wetenschappelijke gemeenschap als door het Antarctisch Verdrag.

Dankzij de internationale samenwerking, die ruim ontwikkeld werd, was het met name mogelijk Belgische wetenschappers te integreren in de campagnes die in het buitenland georganiseerd worden. Algemeen gesproken leidde dit tot geregelde multidisciplinaire samenwerking die vertaald werd in de wetenschappelijke publicaties van het Programma.

Het onderzoek leidde tot een coherente en originele kern van kennis die beantwoordde aan de moderne wetenschappelijke problematiek van Antarctica.

Het feit dat de gestelde doelstellingen bereikt werden, was vooral te danken aan het niveau van uitmuntendheid van de teams die belast waren met het onderzoek. De inspanning om de inhoud en de resultaten van het Programma te verspreiden, naast een aangepast beleid en coördinatie, hebben ook ruimschoots bijgedragen tot dit resultaat.

Zo maakte het Programma het mogelijk de geloofwaardigheid van België binnen het Verdrag te versterken.

1 ACTIEKADER

1.1 INLEIDING

De onderzoekactiviteiten op Antarctica zijn klassiek verbonden aan de fundamentele wetenschappen. Ze nemen er echter een aparte plaats in, omwille van hun specifieke interacties met de politieke context waarvan men de omvang elders enkel vindt in bepaalde specifieke R&D-domeinen, zoals ruimteonderzoek en telecommunicaties.

Wetenschappelijk onderzoek en het beleid waaraan Antarctica(1) onderworpen wordt, worden bezield door motivaties en finaliteiten die elkaar inspireren. Ze werken tegelijk op elkaar in als grondslag voor ontwikkeling en als actiekader.

Deze interactie conditioneert tegelijk de conceptie, de door- en uitvoering en de doelstellingen van de wetenschappelijke activiteiten op Antarctica in dusdanige mate dat het niet correct zou zijn er het verloop en de resultaten van te evalueren volgens de criteria die gewoonlijk worden gehanteerd voor de fundamentele wetenschappen of à fortiori voor R&D.

Ook andere factoren spelen een rol in de evaluatie, in het bijzonder de logistieke beperkingen die in grote mate het verloop van de campagnes in het veld bepalen.

Deze overwegingen werden samen met gegevens van wetenschappelijke en economische aard geanalyseerd om te evalueren in welke mate het opportuun zou zijn het Belgische onderzoek weer op gang te brengen en ook om er de modaliteiten van de doorvoering van te concipiëren.

1.2 POLITIEKE ASPECTEN

1.2.1 INTERNATIONAAL STELSEL VAN ANTARCTICA

Het statuut van Antarctica wordt geregeld door een internationaal verdrag, gebaseerd op de regel van consensus en waarbij de wetenschappen een heel belangrijke integrerende rol spelen. Dit verdrag is financieel niet autonoom en beschikt niet over een permanente administratieve structuur. De werking ervan wordt verzekerd door het houden van tweejaarlijkse Consultatieve Vergaderingen.

Diverse factoren waarvan het samentreffen eigen is aan Antarctica, hebben ertoe bijgedragen dat een politiek stelsel van de volgende aard werd vastgelegd :

---

(1): Het gaat om de hele zone, gelegen ten zuiden van de 60° breedtegraad zuid. Naast het eigenlijke continent omvat dit gebied dus ook het zuidelijk deel van de Atlantische Oceaan, de Indische Oceaan en de Stille Zuidzee. Deze drie oceaangebieden vormen een coherent geheel vanuit oceanografisch oogpunt, waaraan men de naam Zuidelijke Oceaan gegeven heeft. Deze globale betekenis zal doorheen het hele rapport worden gebruikt.

(i) historisch gesproken werd Antarctica nooit bevolkt, en bijgevolg wordt het beschouwd als een potentieel van territoriale expansie voor sommige landen hoewel elke vorm van permanente menselijke kolonisatie er nog onmogelijk blijft ;

(ii) vele wetenschappelijke disciplines vinden er een uniek studiedomein ;

(iii) deze streek is van strategisch belang. De Drake Passage voorziet in het verkeer van schepen met een grote tonnemaat waarvoor het Panamakanaal slecht aangepast is, en zou het enige alternatief worden in geval dit kanaal geblokkeerd wordt. Bovendien maken sommige Staten zich zorgen om de kwetsbaarheid van hun zuidelijke flanken in de hypothese van een aanval komende van Antarctica ;

(iv) Antarctica bevat mariene rijkdommen waarvan het economisch potentieel, dat trouwens sedert lange tijd geëxploiteerd wordt, enorm zou kunnen blijken, en het is niet uitgesloten dat er minerale bronnen zijn.

Niettemin hebben zeven Staten(1) op formele en unilaterale wijze aanspraak gemaakt op het grondgebied van welbepaalde sectoren van Antarctica. Enerzijds meten de USSR en de V.S.A. zich het recht toe op bepaalde dag niet gespecificeerde eisen te uiten.

De overlapping van de sectoren die worden opgeëist door Argentinië, Chili en het Verenigd Koninkrijk le6idde tussen 1942 en 1957 tot ernstige incidenten. Om de spanning te neutraliseren waarvan men toen, in 1959, oordeelde dat ze de wereldvrede in gevaar kon brengen, keurden twaalf Staten(2) die in Washington in vergadering bijeenkwamen, een internationaal stelsel goed, het Antarctisch Verdrag dat in 1961 in werking trad.

De eerste doelstelling ervan is het waarborgen van het gebruik van Antarctica voor uitsluitend vreedzame doeleinden. De fundamentele principes zijn : demilitarisering; het verbod kernproeven uit te voeren of er radioactief afval op te slaan ; vrijheid van wetenschappelijk onderzoek ; promotie van wetenschappelijke samenwerking.

De sluitsteen van het Verdrag ligt in de politieke consensus die het in stand houdt rond de kwestie van de territoriale eisen. Inderdaad, het Verdrag voert de "bevriezing" in van de aanspraken op soevereiniteit, zonder zich uit te spreken over het probleem van de erkenning ervan. Bovendien is het zo, dat zo lang dit verdrag van kracht blijft, in principe eeuwig(3), geen enkele nieuwe eis toegelaten wordt.

---

(1): Argentinië, Australië, Chili, Frankrijk, Nieuw-Zeeland, Noorwegen, Verenigd Koninkrijk.

(2): De zeven reeds genoemde landen plus België, Japan, de Sovjet-Unie, de V.S.A. en Zuid-Afrika.

(3): In tegenstelling tot een ruim verspreide mening, werd in het geheel geen datum vastgestel voor het verstrijken van het Verdrag. In het bijzonder beantwoordt 1991 gewoon aan het van kracht worden van een wijziging van de herzieningsprocedure van de werking van het Verdrag. Geen enkele bepaling van het verdrag voorziet overigens de verplichting er de werking op een bepaalde datum van te herzien.

Tot op heden bleek dit stelsel perfect leefbaar[1].

De consensus om een internationaal stelsel van deze aard te vestigen kon bereikt worden dankzij de rol die het wetenschappelijk onderzoek speelde.

Het succes van het "International Geophysical Year" (1957/58) heeft aangetoond dat wetenschappelijke samenwerking aan de Staten, die hun internationale aanwezigheid in het veld wensten te kennen te geven, een actiekader bood dat aanvaardbaar was voor iedereen. Het IGY was de bron van inspiratie voor het stelsel dat door het Verdrag akte werd.

Het zijn trouwens de twaalf landen die het Verdrag ratificeerden, en zo de zogenaamde "ondertekenende" Consultatieve Partijen werden, die een belangrijk aandeel hadden in het succes van het IGY.

Doordat zij een eerbaar en niet-conflictueel middel bood om stilzwijgend over de nationale aanwezigheid in het veld te waken, maakte de wetenschap het ontstaan van het Verdrag mogelijk en draagt zij er sedertdien ook toe bij er de werking van te verzekeren. Ze vertegenwoordigt inderdaad een prioritaire belangstellingssfeer. Daarrond is het Verdrag in staat een interne consensus te vestigen en een zekere externe legitimiteit vast te leggen.

De wetenschap is een van de belangrijkste vectoren van het beleid dat de CP van het Verdrag voeren en de leden die wensen toe te treden tot dit statuut. In dit geval gaat het om het resultaat van een politieke motivatie en daardoor is de ontwikkeling ervan in heel grote mate de vrucht van gouvernementele steun.

Niettemin dient men voor ogen te houden dat het Verdrag niet de bestemming heeft van een wetenschappelijk organisme.

---

[1]: De oorlog van de "Falklands-Malvinas" tussen Argentinië en het Verenigd Koninkrijk in 1982 vormt hierop geen uitzondering (we herinneren eraan dat deze archipel buiten de toepassingszone van het Verdrag valt).

1.2.2 BELGIE'S PLAATS

Dankzij de wetenschappelijke inspanningen die het aan de dag gelegd had in het kader van een prestigieus beleid, in het bijzonder tijdens het IGY, heeft België er toe kunnen bijdragen dat het Verdrag er gekomen is. Door dit feit kreeg het automatisch het statuut van "ondertekenende" Consultatieve Partij van het Verdrag.

Vanaf de jaren 70 verflauwde de wetenschappelijke inspanning van België, precies op het ogenblik dat men een heropleving van de belangstelling voor Antarctica merkt.

Die heropleving kan men in verschillende sectoren waarnemen :

(i) in het wetenschappelijk domein besteden landen zoals Brazilië, de BRD, China en Indië het equivalent van miljarden BEF aan het vestigen van bases op het continent, aan het oprichten van polaire instituten of het bevrachten van schepen. Zo vervoegen ze de kring van landen die traditioneel aanwezig zijn in dit domein en die ook hun activiteiten ontwikkelen. Tegelijk merkt men ook een opmerkelijke stijging van het aantal wetenschappelijke artikels die over Antarctica gepubliceerd worden (12 000 in 1970; 30 000 in 1982) ;

(ii) de bescherming van het milieu wordt steeds een grotere zorg die vertaald wordt in het opzetten van specifieke instrumenten : de "Convention for the Conservation of Antarctic Seals" (Londen, 1972), en de "Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources" (Canberra, 1980) ;

(iii) op politiek vlak worden een groter aantal Staten lid van het Verdrag. Bij het van kracht worden waren het er 12, in 1989 waren het er 39, een stijging die vooral gevoelig was vanaf 1980 (Fig. 1). Het aantal CP, dat tot in 1977 onveranderd bleef, stijgt met 92 % tussen 1980 en 1989. In relatieve termen blijkt echter dat de beslissingsmacht binnen het Verdrag eerst gestadig afnam tot in 1984 om daarna een trend naar een verruiming aan te vatten (Fig. 1).

(iv) vanaf de jaren 80 staat Antarctica regelmatig op de agenda van vergaderingen van internationale politieke organismen, en in het bijzonder van de Verenigde Naties, die in 1984 een exhaustief rapport publiceren over dit onderwerp. Het Europees Parlement zal dit thema aansnijden in 1987 (rapporten MOORHOUSE, 1987 en MUNTINGH, 1987) ;

(v) de publieke opinie wordt gesensibiliseerd voor aangelegenheden die Antarctica aanbelangen, hoofdzakelijk voor de kwetsbaarheid van dit milieu betreft, terwijl de media speculeren op het economisch potentieel van de streek ;

Er dient onderstreept te worden dat de nieuwe wetenschappelijke belangstelling hoofdzakelijk met twee factoren te maken heeft :

(i) de wil van een groeiend aantal Staten om toe te treden tot het statuut van CP. We herinneren eraaan dat het Verdrag het verlenen van het statuut van CP voorziet, een statuut waaraan de beslissingsmacht onderworpen is, voor elke Staat die lid geworden is van het Verdrag door toetreding *"... zolang deze contracterende Partij haar belangstelling toont voor Antarctica door er aanzienlijk wetenschappelijk onderzoek te verrichten zoals het vestigen van een wetenschappelijke basis of het zenden van een wetenschappelijke expeditie."* (Art.

van een wetenschappelijke basis of het zenden van een wetenschappelijke expeditie." (Art. IX, lid 2). Er dient opgemerkt te worden dat dit statuut dus geen definitieve verworvenheid vertegenwoordigt voor deze Staten, in tegenstelling tot het geval van de "ondertekenende partijen" ;

(ii) vanaf de jaren 70 wordt het Verdrag het mikpunt van externe kritiek die komt van ontwikkelingslanden die het beleid van het Verdrag in het Noord-Zuid perspectief plaatsen. Deze kritiek wordt aangevoeld als een bedreiging van de stabiliteit van het hele Systeem van het Antarctisch Verdrag [1], dat de CP zullen proberen te neutraliseren door te stellen dat het noodzakelijk is een stabiel internationaal stelsel te behouden. Enkel daardoor zal het vreedzaam gebruik van Antarctica, gebaseerd op het bevorderen van de wetenschappen, mogelijk zijn. Bijgevolg vergroten de meeste CP hun inspanning op het vlak van wetenschappelijk onderzoek.

Door haar wetenschappelijke activiteiten te laten verslappen, beantwoordde België in deze context niet langer volledig aan de verwachting van haar partners van het Verdrag.

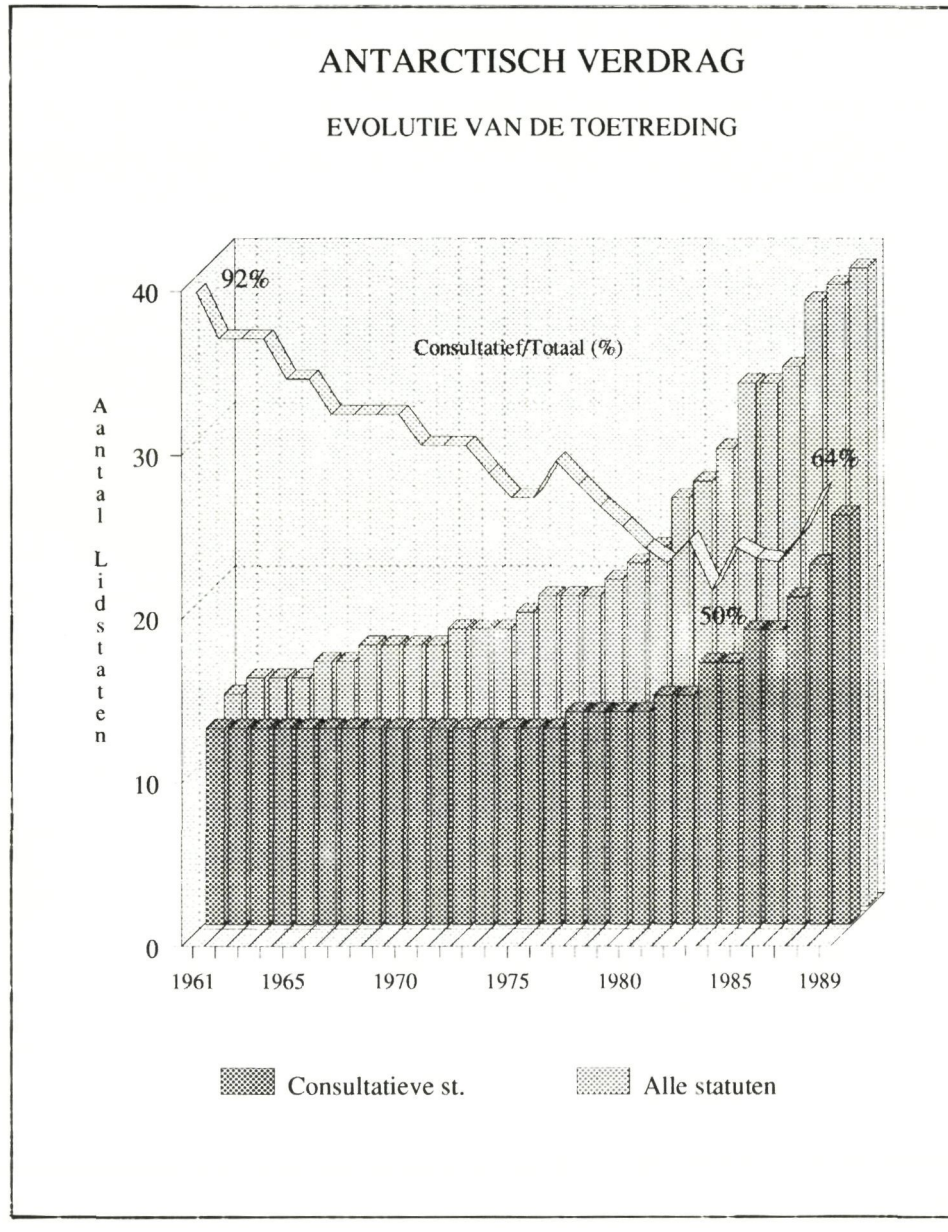
De ondertekening van het Verdrag van Washington in 1959 maakte het mogelijk de aanspraken op soevereiniteit die bepaalde Staten maakten ten opzichte van Antarctica, te "bevriezen".

Dit Verdrag staat voor een internationaal stelsel dat het vreedzaam gebruik van Antarctica verzekert, hoofdzakelijk in de vorm van wetenschappelijke activiteiten. De legitimiteit, de werking en de cohesie ervan, berusten voor een groot deel op deze activiteiten.

Tot in de jaren 70 legde België wetenschappelijke inspanningen aan de dag die het in staat stelden van bij het begin toegang te hebben tot de beslissingsmacht binnen het Verdrag.

De erop volgende verslapping van deze inspanning deed zich voor op een ogenblik dat er een internationale heropleving was van de belangstelling voor Antarctica. Het was in het bijzonder het wetenschappelijk onderzoek dat een aanzienlijke ontwikkeling kende op internationaal niveau, omwille van de wil van bepaalde landen toe te treden tot het statuut van CP, terwijl de CP zich inspannen de stabiliteit van het Systeem te

[1]: Het eigenlijke Verdrag, de maatregelen die overeenkomstig het Verdrag werden aangenomen, evenals de Conventies voor het Behoud van de Zeehonden (CCAS), en voor het Behoud van de Levende Mariene Rijkdommen (CCAMLR), vormen wat men het Systeem van het Antarctisch Verdrag noemt (SAV).



Figuur 1: Cumulatieve evolutie per jaar, van het aantal Lidstaten van het Verdrag sedert het in werking trad. ("Alle statuten" : totaal aantal leden, alle statuten door elkaar. "Consultatief st." : fractie van de vorige categorie die beantwoordt aan het aantal leden met een Consultatief Statuut). De lintvormige oppervlakte ("Consultatief/Totaal), vertegenwoordigt de verhouding tussen de twee categorieën. Ze vertoont een sterke neiging tot concentratie, in relatieve termen, van de beslissingsmacht sedert het in werking treden van het Verdrag tot in 1984. Vanaf 1984 keert de trend bruusk, en geeft blijk van de opening van het Verdrag.

1.3 WETENSCHAPPELIJKE ASPECTEN

Antarctica is het centrum van een reeks opmerkelijke natuurlijke fenomenen. De studie ervan kan bijdragen tot de algemene vooruitgang van de wetenschap. Dat is bijvoorbeeld het geval in het domein van de tektoniek van de schollen van de aardkorst.

Het onderzoek op Antarctica kan ook een impact hebben die verder gaat dan het kader van deze streek, zoals bijvoorbeeld een beter begrip van de evolutie van het aardklimaat doorheen de analyse van niet verstoorde paleo-klimatische signalen die in het ijs gearchiveerd zijn. Het is inderdaad de enige streek ter wereld die haar quasi oorspronkelijke integriteit behouden heeft.

Niettemin weten we vandaag dat menselijke activiteiten, indien ze er op niet gecontroleerde wijze zouden ontwikkeld worden, ernstige veranderingen van het milieu kunnen veroorzaken.

Mariene ecosystemen lijken bijzonder kwetsbaar voor verontreiniging. De hydrodynamische en meteorologische omstandigheden van de zorgen ervoor dat de primaire produktie er enkel overvloedig ontwikkeld wordt binnen strikte ruimte- en tijdsbebegrenzingen. De meerderheid van de levende wezens hebben voedingsstrategieën uitgedokterd die hun in staat stellen zich aan te passen aan de onbestendigheid van voeding. Interne reserves worden er aldus in een mum van tijd aangelegd, en maken het mogelijk te overleven gedurende de lange periodes van het jaar wanneer voedsel schaars is. In sommige gevallen wordt de reproduktie overeenkomstig gesynchroniseerd. Men zal dus makkelijk begrijpen dat verontreiniging door lozing van het koolwaterstoftype ernstige ecologische gevolgen kan hebben.

Kleinere, maar reële storingen worden reeds waargenomen in de buurt van sommige wetenschappelijke bases (vast afval bedolven onder de sneeuw; zware metalen in het korstmos), (Anonymous, 1989). Men stelde ook de aanwezigheid vast van loodsporen in de sneeuw (BOURTON and GÖRLACH, ter perse) en van DDT in het vet en de eieren van pingüins (FIFIELD, 1987), verontreinigende stoffen die waarschijnlijk worden aangevoerd via de atmosfeer- of oceaancirculatie.

Een rationeel beheersbeleid van het milieu, opgevat in de optiek van bescherming van het milieu, is noodzakelijk, een doelstelling waarover men het unaniem eens is op internationaal vlak.

Op grotere schaal heeft het aantonen van de verdunning van het stratosferische ozon onder invloed van de toevoer van diverse halogene verontreinigende stoffen (CFK's, halon, tetrachloorkoolstof, methylchloroform) uit geïndustrialiseerde streken over de hele wereld een bewustwording tot stand gebracht van het globale karakter en het broze evenwicht van de omstandigheden die op Aarde heersen.

Dit fenomeen stelde ook de belangstelling voor Antarctica in het licht als referentiesysteem voor de studie van pollutie.

Onder de belangrijkste onderzoekdomeinen die klassiek worden aangeboord in deze streek, kan men vermelden :

(i) KLIMATOLOGIE :

Antarctica speelt een beslissende rol in het regelen van het aardklimaat. De ijskap verhindert dat het continent de zonnewarmte opslorpt, op dusdanige wijze dat het als een enorme warmtepomp fungeert, die gevoed wordt door de atmosfeer- en oceaancirculatie. Hun eigen stelsels zijn respectievelijk anticyclonale turbulentie en baroklinische convectie. Maar op de interfaces doen zich specifieke mechanismen voor. Het pakijs isoleert de oceaan van de atmosfeer gedurende een goed gedeelte van het jaar ; de twee circulaties doen zich op dat ogenblik niet voor en er zijn geen uitwisselingen door evaporatie/neerslag. Boven de ijskap ondergaan de winden het effect van de zwaartekracht. Het geheel van deze fenomenen wijst erop dat men het aardklimaat niet kan begrijpen zonder de mechanismen te kennen van de thermische balans boven Antarctica en de thermische uitwisselingen tussen de Zuidelijke Oceaan en de atmosfeer.

(ii) ATMOSFEERWETENSCHAPPEN :

Het Zuidpool is de bevoorrechte plaats om de interferenties te bestuderen tussen elektro-magnetische golven en plasma van zonne-oorsprong, enerzijds en de magnetosfeer, de ionosfeer en de thermosfeer anderzijds. Deze interferenties kunnen aan de oorsprong liggen van nefaste economische repercussies (aftakeling van micro-elektronische componenten of zonnecellen van satellieten ; verstoring van radar satellietbeelden ; veranderingen van communicaties met hoge frequentie via geostationaire satellieten). De modelvorming van de circulatie van de hoge atmosfeer maakt het aan haar kant mogelijk de werking van het aardklimaat beter te begrijpen. In het domein van de fysico-chemie van de stratosfeer pogen wetenschappers de mechanismen te begrijpen die verantwoordelijk zijn voor het verdunnen van het ozon, een fenomeen dat leidde tot een wereldbewustzijn van het globale karakter van bepaalde vormen van verontreiniging.

(iii) OCEANOLOGIE :

Ongeveer de helft van de diepe watermassa's van alle oceanen worden gevormd rond Antarctica en behouden fysico-chemische eigenschappen die men tot in het Noorden van de Atlantische Oceaan kan identificeren, en die beslissend zijn in de regeling van de produktiviteit van de oceanen. De circumpolaire stroming zorgt voor de circulatie van het water van de Atlantische Oceaan, de Stille Zuidzee en de Indische Oceaan. De spelen ook een belangrijke rol in de globale berging van chemische componenten zoals CO_2 of silicium. In het domein van de biologie biedt hij een uniek veld om metabolische aanpassingen en voedingstrategieën te bestuderen. Wat de ecologie betreft, zij vormt de basis van een rationele exploitatie van de levende mariene rijkdommen. Ze draagt er ook toe bij de algemene kennis te verbeteren van de werking van de ecosystemen. Dankzij een geïntegreerde benadering (hydrodynamica, geochemie, ecologie, meteorologie, glaciologie, enz...) kan men hopen tot een beleid van rationeel beheer van het milieu te komen.

(iv) GLACIOLOGIE :

De studies van de ijskap omvatten drie grote aspecten: (i) modellen voor de simulatie van de dynamiek van ijs, afhankelijk van zijn interacties met de atmosfeer en de oceaan, die het middel opleveren scenario's te maken van de variatie van het niveau van de zeeën voor verschillende klimaatomstandigheden; (ii) analyses van de isotopische samenstelling en het CO_2-gehalte langsheen de ijskernen, waardoor men de simultane variaties kan opsporen van dit gas en de atmosferische temperatuur in de loop van de laatste 160 000 jaar; vanuit de waargenomen correlatie is het mogelijk te pogen de toekomstige evolutie te voorspellen van het klimaat in het licht van de atmosferische pollutie door CO_2; (iii) analyses van de gehalten aan metalen in de ijskernen, die getuigen van de uitvoer van de effecten van industriële pollutie in de loop van de tijd. Anderzijds wordt marien ijs bestudeerd in het kader van zijn klimatische rol, zoals hierboven vermeld. Het seizoengebonden inkrimpen en uitzetten ervan is het voorwerp van simulatiemodellen, die de veiligheid van de scheepvaart tot doel hebben. Wat de biologen betreft, zij hebben belangstelling voor hydrodynamische fenomenen, de penetratie van het licht, en de toevoer van voedsel, die geconditioneerd worden door deze seizoenvariaties, en waarvan de primaire produktie afhankelijk is.

(v) AARDWETENSCHAPPEN :

Geologie en geofysica houden zich hoofdzakelijk bezig met het reconstrueren van de gebeurtenissen die verband houden met de fragmentatie en afscheiding van het oercontinent Gondwana, dat 170 miljoen jaar geleden Australië, Indië, Madagascar, Zuid-Afrika en Zuid-Amerika, omvatte rond het Antarctisch continent (drift der continenten). Dit fenomeen is belangrijk om de dynamica te begrijpen van de aardkorst (tektoniek van de schollen) en de geografische distributie van fauna en flora. De evaluatie van een dergelijk mijnpotentieel berust eveneens op deze wetenschappen.

Antarctica is een bevoorrecht onderzoekdomein voor het wetenschappelijk onderzoek :

(i) het is het centrum van een groot aantal natuurlijke fenomenen. Het begrijpen ervan kan op beduidende wijze bijdragen tot een algemene verbetering van de wetenschappelijke kennis ;

(ii) het bevat paleoklimatische archieven waarvan de analyse het mogelijk maakt globale klimatische mechanismen te reconstrueren en derhalve de toekomstige evolutie van het klimaat te simuleren ;

(iii) het vertegenwoordigt een referentie-omgeving voor de studie van pollutieproblemen.

Het wetenschappelijk onderzoek maakt het aan zijn kant mogelijk de bases te leggen voor een rationeel beheersbeleid van het milieu in Antarctica.

1.4 ECONOMISCHE ASPECTEN

1.4.1 LEVENDE RIJKDOMMEN

De levende rijkdommen van Antarctica liggen in het mariene milieu besloten. De economische exploitatie ervan is op dit ogenblik beperkt tot de krill (schaaldier verwant met garnalen) en tot vis. Er worden ook koppotigen gevist maar enkel bij wijze van onderzoek.

Japan en de Sovjet-Unie nemen elk jaar 98 % van het totaal van de krillvangst voor hun rekening. Die bedraagt gemiddeld 300 000 ton/jaar (ANONYMOUS, 1988), wat 0.4% van het jaarlijkse wereldtotaal van de visvangst vertegenwoordigt. De huidige commerciële afzetgebieden zijn klein ; krilll behoort nog niet tot de voedingsgewoonten en de produktiekost ervan wordt bezwaard door de speciale conditionering die hij moet ondergaan binnen een aantal uren na de vangst, om geschikt te kunnen zijn voor consumptie.

Prospectief bekeken vestigt krill nochtans de aandacht op zich door zijn biomassa, de toegankelijkheid ervan, dichtbij het zee-oppervlak in de vorm van enorme visscholen, en door zijn biochemische samenstelling (chitine, vitaminen, vette zuren, enzymen).

Wat de vis betreft, het totaal van de vangst bedraagt gemiddeld 100 000 ton/jaar. Hoewel de vangst een bescheiden omvang haalt, werd ze door experten van CCAMLR geïdentificeerd als de rechtstreekse oorzaak van de spectaculaire vermindering van de biomassa van bepaalde soorten, die vanaf 1975 werd waargenomen en er de CCAMLR toe aanzette specifieke quota's voor de vangst in te voeren.

De orde van grootte van de maximumdrempel van de wereldvangst wordt op dit ogenblik geschat op 100 miljoen ton/jaar. Ondanks de grote onzekerheid in verband met biologische gegevens, is men in dit opzicht van oordeel dat krill een reël economisch potentieel biedt, met waarden die respectievelijk liggen tussen 44 en 7 500 miljoen ton en tussen 25 en 2 250 miljoen ton naargelang de auteurs (KNOX, 1983). Het is dus goed niet na te laten een zorgvuldige evaluatie te maken van een economisch potentieel van deze omvang, en in het bijzonder vanuit het voedingsstandpunt.

Ter vergelijking, de economische perspectieven blijken vrij eng te zijn wat vis betreft, zelfs indien de handelswaarde ervan zou behouden blijven op een hoger niveau dan dat van krill zoals het op dit ogenblik het geval is.

1.4.2 MINERALE RIJKDOMMEN

Uit de convergerende meningen van internationale experts terzake (ZUMBERGE, 1979; BEHRENDT, 1983; BEHRENDT and MASTERS, 1983; ROWLEY et al., 1983, GARRETT, 1985; HAYES, 1985; QUILTY, 1985) die overigens werden overgenomen door de Verenigde Naties in hun rapport van 1984, kan men de volgende vaststelling opmaken :

(i) prospectie van het boven de zeespiegel uitstekende deel van het continent heeft het bestaan aan het licht gebracht van talrijke minerale aanwijzingen, maar bij gebrek aan meer geologische gegevens die op het tegengestelde zouden wijzen, moeten ze worden beschouwd

als economisch zonder enig perspectief omwille van de te zwakke hoeveelheid en kwaliteit;

(ii) tot op vandaag kent men slechts twee mineraallagen die voldoende belangrijk[1] zijn om te kunnen leiden tot exploitatie als ze zich in om het even welk ander continent bevonden. Maar door het feit dat ze in Antarctica liggen, moeten ze geklasseerd worden onder de conditionele rijkdommen[2];

(iii) het bestaan van dikke sedimentaire reeksen in bekkens zoals dat van de Weddellzee, de Rosszee of de Zee van Bellingshausen wordt beschouwd als een factor die in principe gunstig is voor de aanwezigheid van koolwaterstoffen (petroleum, gas). In deze bekkens werd geofysisch exploratiewerk verricht zowel door wetenschappers als door petroleumdeskundigen:

- in 1972/73, heeft het wetenschappelijk schip, de "Glomar Challenger" boringen verricht in de sedimenten van het continentaal plat van de Rosszee waardoor sporen aan het licht werden gebracht van methaan en ethaan, maar die geen aanwijzing vormen voor de aanwezigheid van een sedimentaire laag;

- in 1986 heeft de missie van Nieuw-Zeeland bij de Europese Gemeenschappen de ontdekking aangekondigd van asfaltresiduën in de sedimenten van de Rosszee, en wees erop dat, hoewel hieraan geen economische betekenis verbonden was, deze residuën getuigden dat de bestudeerde rotsen inderdaad op bepaalde dag petroleum en later ontsnapt gas bevat hadden;

- de aanwezigheid van koolwaterstoffen, gevormd onder invloed van de temperatuur, werd opgemerkt in het Straat van Bransfield (WHITICAR et al., 1985);

- er werden seismische peilingen uitgevoerd door het "Australian Bureau of Mineral Resources", het Duitse Federaal Instituut voor Geowetenschappen en Natuurlijke Rijkdommen, het Frans Petroleuminstituut en de "Japan National Oil Company". Het zeldzame werk waarvan de conclusies openbaar werden gemaakt, bevestigen het potentieel belang van petroleum in de vermelde sedimentaire bekkens.

(iv) speculaties die geuit werden naar het eind toe van de jaren 70 over het potentieel aan koolwaterstoffen van Antarctica, werd voor een deel ingegeven door de petroleumcrisis van 1973/74. Vervolgens oordeelde men inderdaad dat de rentabiliteitsdrempel voor off shore petroleum die in de eigen context van Antarctica zou ontgonnen worden, zou liggen tussen 60$ en 85$ per vat;

(v) voor het overige is het raadzaam te spreken over speculatieve rijkdommen. De argumenten die pleiten in het voordeel van hun waarschijnlijk bestaan, zijn :

---

(1): Het gaat om kolen en ijzer, ontdekt in de "Prince Charles Mountains" en de "Transantarctic Mountains".

(2): De "conditionele rijkdommen" vertegenwoordigen lagen van gering economisch belang, omwille van de moeilijkheden bij extractie, de markt voor grondstoffen of wettelijke onzekerheid. De "reserves" zijn hulpbronnen waarvan een evaluatie gemaakt werd (gedetailleerde studie van het gehalte, van de reserves en van de structuren) die economisch kunnen geëxploiteerd worden. Overigens worden de niet geïdentificeerde rijkdommen verdeeld in "hypothetische" en "speculatieve" naargelang het gaat om gekende of te ontdekken mijndistricten (US BUREAU OF MINES AND US GEOLOGICAL SURVEY, 1980). Het tot één van de categorieën behoren van een laag hangt af van de heersende omstandigheden op het ogenblik van de classificatie.

- geologische analogieën met de naburige continenten die zowat 170 miljoen jaar geleden (drift der continenten) aan Antarctica vastzaten, en waar diverse lagen geëxploiteerd worden ;

- het feit dat rechtstreekse geologische waarneming beperkt is (nauwelijks 2% van het totale oppervlak van het continent is ijsloos) en dat dit continent een tiende vertegenwoordigt van de totale oppervlakte van aan de oppervlakte gekomen land.

(vi) hoe dan ook, zelfs indien men minerale rijkdommen zou ontdekken die kunnen geëxploiteerd worden (reserves), zou men nog steeds te maken hebben met een reeks problemen (ontginning, vervoer, veiligheid van het personeel, bescherming van het milieu, exploitatiestelsel, enz...) waarvoor op middellange termijn geen enkele concrete oplossing te voorzien is.

Wat België betreft, is de belangstelling voor deze potentiële hulpbronnen nooit manifest geweest, zoals dat ook het geval is voor de levende mariene hulpbronnen.

1.4.3 ANDERE

Aan het gebruik van zoet water dat besloten zit in de vorm van ijsbergen, wordt R&D gedaan die gefinancierd worden door internationale investeringen ("Iceberg Transport International Ltd.", "Icebergs for the Future"). Ondanks het enorme bedrag aan aanvankelijke investeringen, die het vervoer van ijsbergen impliceert, zou de exploitatie van water dat zo geproduceerd wordt op lange termijn rendabel kunnen blijken. De hydrodynamische en ecologische storingen die dit type van exploitatie impliceert, vertegenwoordigen in elk geval een reël struikelblok.

Concentraties van polymetaalschollen vindt men in de Zuidelijke Oceaan langsheen een strook, gelegen ten zuiden van 60e zuidelijke parallel die tot 500 km breed kan zijn. Wat vooral belangrijk is in verband met de schollen op de zeebodem, is hun gehalte aan koper, kobalt en nikkel. Nu weet men dat in de schollen van de Stille Zuidzee, dit gehalte progressief vermindert van de evenaar naar Antarctica toe, wat kan doen denken dat de Zuidelijke Oceaan waarschijnlijk geen gunstige streek zijn in dit opzicht. Bovendien zouden de meteorologische omstandigheden die meestal heersen in deze oceaan, de extractie-operaties van de kluiten uiterst onzeker maken.

Ter herinnering, onder de potentiële rijkdommen kan men eolische en geothermische energie vermelden. Het belang ervan zou echter zuiver lokaal zijn (toevoer voor wetenschappelijke bases bijvoorbeeld).

Tenslotte beschouwen sommige landen van Zuid-Amerika toerisme als een niet te verwaarlozen bron van deviezen. Toerisme wordt echter met veel achterdocht bekeken door de andere landen van het Verdrag omwille van het risico op aantasting van het milieu.

Wezenlijk volgt hieruit op dit punt, dat de omstandigheden niet aanwezig zijn om op rendabele en rationele wijze aan visvangst te doen in de Zuidelijke Oceaan.

Men kan ook zeggen dat er tot op vandaag geen enkele economisch exploiteerbare minerale rijkdom geïdentificeerd werd in Antarctica. Bovendien pleiten de huidige situatie van de markt voor grondstoffen en de waarschijnlijke evolutie op middellange termijn ervan, er niet voor in Antarctica aan mijnexploratie te gaan doen.

Het economisch potentieel van dit gebied, dat trouwens nog te wisselvallig blijkt te zijn, en waarschijnlijk buiten het bereik ligt van een land met de grootte van België, krijgt geen prioritaire aandacht van haar kant.

1.5 RECENTE ONTWIKKELINGEN

Er dient opgemerkt te worden dat de CP een Conventie uitgewerkt hebben voor de reglementering van de activiteiten in verband met minerale hulpbronnen (CRAMRA), waarvan de eindakte op 2 mei 1988 ondertekend werd in Wellington en waarbij een bindend stelsel voor deze activiteiten wordt ontwikkeld.

De toenemende bewustwording van de ecologische problemen heeft twijfel gezaaid bij een zeker aantal CP. Verschillende landen hebben ervan afgezien deze conventie te ondertekenen, waaronder bepaalde landen waarvan het uitdrukkelijk akkoord onmisbaar is.

België heeft geweigerd de Conventie te ondertekenen en heeft een wet aangenomen die haar onderdanen verbiedt activiteiten te voeren op het vlak van prospectie, exploratie en exploitatie van de minerale hulpbronnen (wet van 23 oktober 1989 - Staatsblad van 20 januari 1990).

Ons land deelt de meningen van Frankrijk en Australië die wensen dat Antarctica een natuurpark wordt - een gebied voor de wetenschappen en dat het een globaal stelsel van milieubescherming zou krijgen.

2 INHOUD VAN HET PROGRAMMA

2.1 MOTIVATIES

In het begin van de jaren 80 bevonden de wetenschappelijke activiteiten van België zich in een fase van neergang. Deze verslapping kwam des te meer tot uiting door de vernieuwde internationale belangstelling voor Antarctica die zich op het zelfde ogenblik ontwikkelde. Het fenomeen was in het bijzonder duidelijk voor het wetenschappelijk onderzoek, dat een ontwikkeling kende die de wil van de CP vertaalde om een unanieme houding aan te nemen in de verdediging van de Verdrag.

Men maakte dus een afbrokkeling mee van de positie van België binnen het Verdrag, zoals de afgevaardigden voor Buitenlandse Zaken op de Consultatieve Vergaderingen van het Verdrag vermelden.

Vanuit strikt wetenschappelijk oogpunt vertegenwoordigde Antarctica zeker een belang voor België, maar in dezelfde hoedanigheid als een aantal andere streken op aarde, die overigens veel verder afgelegen zijn zowel in eigenlijke als in figuurlijke betekenis. De Belgische wetenschappelijke verworvenheid in dit domein kon aan haar kant geen beroep doen op de uitmuntendheid, die een ondersteuningsinspanning vanwege de Regering zou gerechtvaardigd hebben. Men kon dus zeggen dat dit domein geen wetenschappelijke prioriteit vertegenwoordigde.

Op economisch vlak heeft België nooit op enige wijze geïnvesteerd, noch in exploratie, noch in de exploitatie van de natuurlijke rijkdommen van Antarctica.

Hoewel België geen enkele politieke of economische verzuchting koestert om zich te affirmeren als Antarctische mogendheid, oordeelde zij het toch opportuun haar rol te behouden binnen het SAV.

Wanneer men rekening houdt met de rol die de wetenschappen spelen in het kader van het Verdrag, was het doorvoeren van onderzoek op nationaal vlak noodzakelijk als het geschikte middel om de geloofwaardigheid van België te versterken.

Het nationaal kader van dit onderzoek is een formule die tegelijk wordt ingegeven door de voorschriften, eigen aan het Antarctisch Verdrag en door het feit dat geen enkel internationaal autonoom programma tot vandaag tot stand gekomen is.

2.2 DOELSTELLINGEN

We hebben er hierboven al aan herinnerd hoe wetenschappelijke en politieke activiteiten zich sedert het ontstaan van het Antarctisch Verdrag in 1959 ontwikkelden in waarachtige symbiose en hoe de opportuniteit nieuw leven in te blazen in het Belgisch wetenschappelijk onderzoek noodzakelijk was binnen deze context in fundamenteel politieke termen.

Samen met dit politiek aspect, werd opzettelijk geopteerd voor doelstellingen die verenigbaar zouden zijn met het geheel van het wetenschappelijk beleid van het land.

Een Programma voor wetenschappelijk onderzoek op Antarctica werd daartoe dus doorgevoerd in de vorm van een gecoördineerde nationale thematische actie met voldoende armslag om de gestelde doelstellingen te halen en toch binnen een redelijke budgettaire enveloppe te blijven.

De doelstellingen van de Belgische wetenschappelijke herlanceringsactie voor Antarctica, zijn, zoals ze goedgekeurd werden door de Ministerraad van 29 juli 1985, de volgende :

(i) in België een deskundigheids- en expertisekern versterken die ons land in staat zal stellen aanwezig te zijn in de wetenschappelijke activiteiten die op wereldvlak worden doorgevoerd, voor de studie van Antarctica, overeenkomstig de geest van het Antarctisch Verdrag;

(ii) de kern van de onderzoeksinspanning toespitsen op twee hoofddomeinen die, in overeenstemming met een ruime internationale consensus, een inspanning vereisen voor prioritaire ontwikkeling omwille van de uitgebreide praktische implicaties en rekening houdende met de stand van kennis; deze twee domeinen zijn de planktonecologie die de hele mariene voedingsketen conditioneert, en de glaciologie in verband met de klimatologische implicaties, of met andere woorden, twee domeinen waarin een waardevol Belgisch wetenschappelijk potentieel bestaat;

(iii) voor een wetenschappelijke "toegevoegde waarde" zorgen voor het aan de gang zijnde onderzoek in een zeker aantal universitaire uitmuntendheidsteams (die met name actief zijn in de internationale R&D-programma's en in programma's voor "Geconcerteerde Onderzoeksactie") door er via geschikt beleid en coördinatie over te waken dat de door hen in een internationaal kader gevoerde activiteiten een weerslag hebben in domeinen met een concrete belangrijkheid voor België (zoals oceanologie, klimatologie, teledetectie).

2.3 OPERATIONELE KEUZEN

2.3.1 BEGROTING

De financiering van het Programma viel ten laste van de kredieten, voorzien in de begroting van de Diensten van de Eerste Minister - sector wetenschapsbeleid - titel II -

artikel 01.01.01. De totale begroting werd vastgelegd op 91 585 000 BEF voor de hele duur van de Eerste Fase van het Programma (oktober 85 - oktober 89).

Het geheel van de werkingskredieten en het personeel dat rechtstreeks ingeschakeld werd in de tien teams die belast werden met de realisatie van het onderzoek, bedroeg alles bij elkaar 62% van de totale begroting van de Eerste Fase (Fig. 2, post "onderzoek"). Met deze begroting kon elk team het salaris van een assistent dekken en de werkingskosten (gemiddeld ongeveer 1/5 van de personeelskosten) gedurende een periode van zesendertig maand.

Andere kosten die rechtstreeks te maken hadden met het onderzoek, (missies naar het buitenland en in het bijzonder de campagnes in Antarctica, isotopische analyses, teledetectiegegevens, enz...), en in mindere mate ook de algemene beheerskosten (publicaties, studiedagen, enz...), werden voorzien ten belope van 19 % van de totale begroting (Fig. 2, post "algemene onkosten").

De kosten voor de aanschaffing van het materiaal en de wetenschappelijke instrumenten die de teams nodig hadden om hun onderzoek uit te voeren, stemden overeen met 7.5 % van de totale begroting (Fig. 2, post "uitrustingen"). Deze twee laatste posten werden beheerd door de DPWB.

De overblijvende 7.5% van de begroting werden uitgetrokken om de personeelskosten voor beheer te dekken over een periode van drie jaar en tien maand.

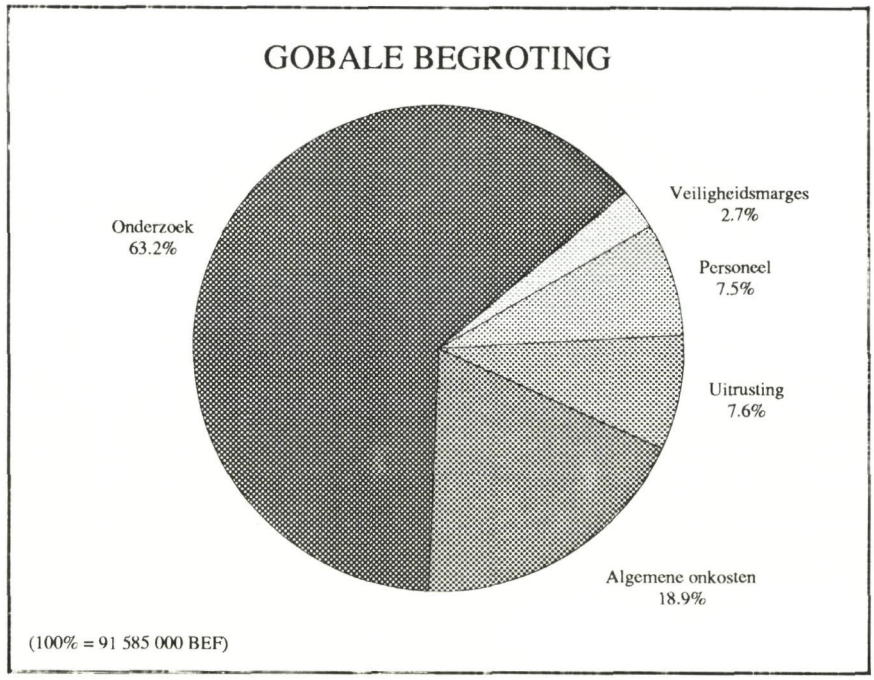
De budgettaire verdeling over de vier onderzoekdomeinen van het Programma (Fig.3) was de weerspiegeling van opties die in overeenstemming waren met de internationale wetenschappelijke prioriteiten.

2.3.2 DUUR, BEHEER EN COORDINATIE

De Eerste Fase van het Programma startte op 1 oktober 1985 en liep ten einde op 31 oktober 1989. De Programmakalender voorzag het voltooien van al het onderzoek op 31 december 1988. De tien laatste maanden werden gewijd aan het administratief afsluiten van het Programma. Overigens was het zo dat, omwille van voorschriften in verband met de data voor de campagnes in Antarctica, een deel van het onderzoek moest verlengd worden tot op 31 januari 1989.

De DPWB zorgden voor het beheer en de coördinatie van het Programma binnen een beheersteam onder de verantwoordelijkheid van de operationeel directeur van het nationale R&D-programma "Studie van aard- en mariene rijkdommen per satelliet".

Onder de taken die dit team toegemeten kreeg, kan men de volgende vermelden: het lanceren van onderzoekcontracten; coördinatie en follow-up van onderzoek; budgettair beheer, integratie van de vorsers in de in het buitenland georganiseerde campagnes in Antarctica; nationale en internationale verspreiding van de doelstellingen en resultaten van het Programma; organisatie van vergaderingen; voorbereiding van informatierapporten en documenten; aankoop van de uitrustingen, bestemd voor de teams; voorbereiding van de Tweede Fase, enz...



Figuur 2: Verdeling over de verschillende budgettaire posten van het Programma.

Figuur 3: Budgettaire verdeling over de onderzoekdomeinen van het Programma.

De follow-up van de uitvoering van het Programma werd toevertrouwd aan het Interdepartementeel Begeleidingscomité, zoals bepaald door de Regering voor het Nationaal R&D-Programma "Studie van de hulpbronnen van de aarde en de zee per satelliet". Het wordt voorgezeten door de Secretaris-Generaal van de DPWB en bestaat uit vertegenwoordigers van zeven departementen :

- Buitenlandse Zaken
- DPWB
- Economische Zaken
- Landbouw
- Landsverdediging
- Openbare Werken
- Volksgezondheid en Leefmilieu

2.3.3 DOMEINEN EN ONDERZOEKTHEMA'S

De meeste nationale programma's die onderzoek doen over Antarctica, dekken een ruime waaier domeinen en thema's. Naast de domeinen en thema's die vermeld worden in punt 1.3, vindt men ook niet zelden biologie en aardgeologie, meteorologie, geneeskunde in het polair milieu, weerstand van materialen of nog, geochemie van meteorieten. Het doorvoeren van programma's van deze omvang impliceert aanzienlijke budgettaire middelen en een groot menselijk potentieel.

In het geval van België werd, met een jaarlijkse budgettaire enveloppe, beperkt tot ongeveer 30 000 000 BF geopteerd voor een onderzoeksinspanning, toegespitst op enkele prioritaire domeinen en die de nadruk leggen op de coördinatie van de werkzaamheden. Het wezenlijke van het onderzoek werd inderdaad gewijd aan twee domeinen die internationale prioriteiten vertegenwoordingen omwille van de stand van kennis en de globale implicaties ervan op het vlak van rationeel beheer van het milieu en de mechanismen die de omstandigheden op Aarde beheersen. Verder werd erover gewaakt dat deze onderzoekthema's een coherent geheel zouden vormen. Er werd ook beperkter onderzoek gevoerd in twee andere domeinen teneinde een redelijke wetenschappelijke dekking te waarborgen (Fig. 3).

Er werd ook rekening gehouden met het beschikbaar wetenschappelijk potentieel en de keuze gebeurde in het licht van de operationele capaciteit en het uitmuntendheidsniveau van de onderzoekteams.

Gezien de noodzaak tenslotte, het veldwerk te verzekeren door middel van de integratie van Belgische vorsers in de in het buitenland georganiseerde campagnes in Antarctica, viel de keuze zo veel mogelijk op de oceanologie, na aan de vorige criteria voldaan te hebben. Het is inderdaad een traditie dat het land dat een oceanografische campagne organiseert, een zeker aantal buitenlandse wetenschappers uitnodigt.

De onderzoekthema's werden vastgelegd in het licht van de prioriteiten die door de internationale wetenschappelijke gemeenschap bepaald werden teneinde de noodzakelijke kennis te formuleren die nodig is om aan twee belangrijke behoeften te voldoen :

(i) het rationeel beheer van Antarctica verzekeren in een optiek van behoud van dit erg

kwetsbaar milieu voor eventuele menselijke activiteiten;

(ii) op schaal van de planeet een evaluatie maken van de effecten van natuurlijke fenomenen zoals thermische uitwisselingen met de naburige continenten en oceanen, vorming van diep oceaanwater, klimaatvariaties, enz...

Op basis hiervan werden de onderzoeksprojecten van het programma die tot vier wetenschappelijke domeinen behoren als volgt bepaald :

1. PLANKTONECOLOGIE

1.1 BIOCHEMIE VAN HET VOEDINGSPROCES VAN FYTO- EN BACTERIOPLANKTON Dr. G. BILLEN, ULB

Biochemische studie van de voedingsprocessen van fyto- en bacterioplankton, en de modelvorming van deze processen in het licht van de milieuparameters, teneinde een evaluatie te maken van de implicaties ervan in de globale produktie van kust- en oceaan ecosystemen.

1.2 BIOCHEMIE EN ECODYNAMICA VAN ZOOPLANKTON Dr. J.H. HECQ, ULg

Studie van de kwalitatieve en kwantitatieve evolutie, in de ruimte en de tijd, van het lipidengehalte van zoöplankton in het licht van de voedings-en fysische omstandigheden van de Zuidelijke Oceaan, teneinde een beter begrip te verwerven van de werking van de mariene oceaanvoedingsketen door vergelijking met het kustmilieu.

1.3 PLANKTONECOTOXICOLOGIE EN -ACTIVITEIT Dr. C. JOIRIS, VUB

Studie van de mechanismen voor de overbrenging van stabiele organische verontreinigers en kwik in het plankton, en evaluatie van de ademhaling van fytoplankton en de produktie ervan, in verband met hun rol in de voedingsketen van kust- en oceaanecosystemen.

2. MARIENE GEOCHEMIE

BIOGEOCHEMIE VAN BARIUM Dr. F. DEHAIRS, VUB

Evaluatie van de aard en de belangrijkheid van de effecten, toe te schrijven aan de aantasting van organisch materiaal in de biogeochemische cyclus van barium met het oog op het gebruik van spoorelementen in de studie van de oceaancirculatie.

3. MARIENE GEOFYSICA

SEISMISCHE STRATIGRAFIE EN DYNAMICA VAN KLEI
Dr. J.P. HENRIET, RUG
Toepassing van seismische reflectie bij de studie van de aard en deformatiestructuur van de geologische lagen aan de mariene kuststrook van Antarctica, teneinde een evaluatie te maken van de respectieve rol van regionale en lokale factoren in de genese van peri-antarctische sedimenten.

4. GLACIOLOGIE - KLIMATOLOGIE

4.1 ISOTOPISCHE SAMENSTELLING VAN REGELATIE-IJS
Prof. R. SOUCHEZ, ULB
Theoretische en experimentele studie van het isotopisch fractioneren van zuurstof en waterstof in verband met de fusie en regelatie van ijs, in de samenhang van de paleo-klimatologische interpretatie van de isotopische samenstelling van ijs en de evaluatie van de snelheid van ijsvorming.

4.2 INTERACTIES OCEAAN-IJS-ATMOSFEER
Prof. A. BERGER, UCL
De mathematische modelvorming van de relaties tussen de vorming van diep oceaanwater en marien ijs in de peri-antarctische zone, enerzijds, en de actie van de wind, komende van de ijskap anderzijds, voor de studie van het klimaat.

4.3 DYNAMICA VAN DE IJSKAP
Prof. H. DECLEIR, VUB
Ontwikkeling van interactiemodellen tussen de dikte van de ijskap, het afdrijven van gletsjerijs en de variaties van het zeeniveau in Antarctica, teneinde een evaluatie te maken van de implicaties van deze interacties voor het klimaat.

4.4 OPSTELLEN VAN MODELLEN VOOR IJSZEEEN
Mathematische modelvorming van de evolutie in de tijd en ruimte van de marginale zones van pakijs, teneinde de verdeling van de ijsconcentraties te kennen tussen het hart van het ijs en de grens van de vrije oceaan :

4.4.1 DYNAMISCH MODEL VAN DE OCEAANCIRCULATIE
Prof. J. BERLAMONT, KUL

4.4.2 THERMODYNAMISCH EN DYNAMISCH MODEL VAN IJS
Dr. G. PICHOT, BMM

3 VERLOOP VAN HET PROGRAMMA

3.1 FOLLOW-UP VAN HET ONDERZOEK

De follow-up van het onderzoek werd periodisch en occasioneel gerealiseerd door het beheersteam van het Programma.

De semestriële vorderingsrapporten maakten het mogelijk na te gaan of het tijdschema van de taken die elk team toegemeten kreeg, nageleefd werd, waarbij men met name rekening hield met praktische en logistieke aspecten. Algemeen gesproken was het nodig soms ingrijpende aanpassingen door te voeren van het onderzoekprogramma wanneer het ging om het voeren van campagnes die door andere landen georganiseerd werden in Antarctica en waaraan Belgische vorsers deelnamen.

Wat de eigenlijke wetenschappelijke inhoud betreft, werden de werkzaamheden bovendien opgevolgd op basis van laboratoriabezoeken, coördinatievergaderingen, wetenschappelijke rapporten, die halverwege de duur van het programma werden opgesteld, en ook ter gelegenheid van het Nationaal Belgisch Colloquium over Antarctisch onderzoek dat op 20 oktober 1987 georganiseerd werd door de DPWB.

Op interdepartementeel niveau kwam het Begeleidingscomité bijeen op 10 juni 1987 en op 17 juni 1988. De vorderingsstand en de evaluatie van werkzaamheden evenals het project van de Tweede Fase van het Programma, voorgesteld door het beheersteam van het Programma werden unaniem goedgekeurd.

Verder werden de vorderingsstand van het Programma en de activiteiten van België in het kader van het Antarctisch Verdrag onderworpen en goedgekeurd tijdens de vergadering van de Overleggroep voor Internationale Samenwerking van 15 april 1987.

3.2 INTERNATIONALE SAMENWERKING

Sedert het verlopen van het IGY is het wetenschappelijk onderzoek op Antarctica verankerd in een traditie van internationale samenwerking. Deze trend werd sterk onderlijnd in de loop van de laatste tien jaar als antwoord op de behoeften, ontstaan uit de evolutie van de wetenschappelijke problematiek van deze streek.

Vanaf omstreeks 1975 heeft de meerderheid van landen die in dit domein actief zijn, op geleidelijke wijze onderzoek ondernomen, gericht op het oplossen van problemen met een globaal karakter zoals de problemen in verband met de bescherming van ecosystemen, atmosferische en oceaancirculatie en klimaatveranderingen.

De kenmerkende schaal van de te bestuderen natuurlijke fenomenen en hun complexe interacties vereisen het verzamelen en het verwerken van uitgebreide reeksen

wetenschappelijke gegevens met de hulp van uitgewerkte methoden.

De wetenschappelijke methoden en instrumenten die in het werk dienen gesteld te worden (fysico-chemische spitsanalyses; gebruik van systemen voor automatische gegevensverwerving; geïntegreerde multidisciplinaire benadering; mathematische modelvorming; teledetectiegegevensverwerking; exploitatie van gegevensbanken, enz...) doen meer en meer een beroep op veelzijdige deskundigheid van hoog niveau.

Dergelijk onderzoek is niet meer denkbaar zonder het samenbrengen van een zo ruim mogelijk menselijk en materieel potentieel.

Bij de opvatting van het Programma werd rekening gehouden met deze evolutie van het wetenschappelijk onderzoek op Antarctica en er ging een belangrijke inspanning van de Belgische wetenschappers en de DPWB naar de ontwikkeling van samenwerkingsverbanden.

Het verzamelen van monsters en veldmaten die genomen werden in de loop van de campagnes in Antarctica vertegenwoordigen dus slechts één van de aspecten van internationale samenwerking die werd ontwikkeld in het kader van het Programma. Het past te onderlijnen dat de bijdrage van Belgische wetenschappers aan de internationale realisaties verlopen is binnen de grenzen van de integratie van de door het Programma vastgelegde onderzoektaken.

De Belgische wetenschappers hebben doorheen het hele Programma op rechtstreekse en opgevolgde wijze gewerkt met de buitenlandse vorsers teneinde werkelijke gezamenlijk projecten tot een goed einde te brengen. Dit werd voornamelijk gerealiseerd door seminaries en verblijf in buitenlandse onderzoekinstituten.

Zo komt het dat iets meer dan een vierde van alle wetenschappelijke publicaties die rechtstreeks uit het Programma voortvloeiden van de hand van tenminste één buitenlandse auteur zijn (zie bijlage 5.1).

De belangrijkste buitenlandse instellingen betrokken in de samenwerking met de vorsers van het Programma, zijn de volgende :

Australië :
- Australian Antarctic Division.

Denemarken :
- University of Aarhus, Department of Ecology and Genetics.
- University of Copenhagen.

Spanje :
- Centro de Estudios Avanzados de Blanes.

Frankrijk :
- Centre National de Recherches Météorologiques de Toulouse.
- Institut d'Etudes Marines de Brest.
- Laboratoire de Géochimie Isotopique de Saclay.
- Université P. & M. Curie, Laboratoire de Physique et Chimie Marines.

Israël :
- Tel-Aviv University.

Italië :
- Instituto di Biologia del Mare CNR di Venezia.

Japan :
- National Institute for Polar Research.

Nederland :
- Rijksuniversiteit Utrecht.
- Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee.
- Rijksuniversiteit Groningen.

BRD :
- Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung.
- Christian Albrechts Universität zu Kiel.
- Limnologisches Institut, Universität Konstanz.
- Universität Bremen.

Verenigd Koninkrijk :
- British Antarctic Survey.
- Scott Polar Institute of Cambridge.

Zweden :
- Göteborg Universitet, Department of Marine Microbiology.

V.S.A. :
- National Center for Atmospheric Research of Boulder.
- Naval Postgraduate School of Oceanography.
- University of Alaska.

3.3 CAMPAGNES IN ANTARCTICA

Dankzij geschikte coördinatie kon men het door het Programma voorziene onderzoek op coherente wijze betrekken bij de wetenschappelijke activiteiten die door andere landen gevoerd werden om tot pluridisciplinaire internationale samenwerking te komen.

De DPWB en de onderzoekteams van het Programma hebben samen contracten opgesteld met de meeste landen die regelmatig expedities organiseren naar Antarctica (Argentinië, Australië, Brazilië, BDR, Chili, Frankrijk, Japan, Verenigd Koninkrijk, V.S.A.) teneinde te bekomen dat de betrokken Belgische wetenschappers hieraan zouden kunnen deelnemen. De deelname van de DPWB aan de Consultatieve Vergaderingen van het Antarctisch Verdrag waren in dit opzicht beslissend.

Er dient te worden opgemerkt dat sommige onderzoekprojecten in het domein van de

glaciologie-klimatologie (BMM, KUL en UCL) de deelname aan deze campagnes in Antarctica niet vereisen. Het gaat inderdaad om inspanningen voor het opstellen van mathematische modellen die gebruik maken van numerieke gegevens die in de literatuur en in de gegevensbanken bijeengebracht zijn.

De Belgische wetenschappers hebben zowel op zee als op het continent de observaties, metingen en monsterinzamelingen kunnen verrichten die inherent zijn aan de door het onderzoek voorziene onderzoektaken, door deel te nemen aan expedities die tijdens de australe zomers van 1986/87 georganiseerd werden door Australië, Frankrijk, Japan, BRD en het Verenigd Koninkrijk (Tab. I).

Figuur 4 geeft bij wijze van voorbeeld de zones weer die in de Zuidelijke Oceaan en op het continent bestudeerd werden in de loop van campagnes die tijdens de australe zomer 1986/87 georganiseerd werden door Australië (planktonecologie), BRD (mariene geofysica), Frankrijk (planktonecologie en mariene geochemie) en Japan (glaciologie-klimatologie).

In de australe zomer van 1988/89 hebben acht wetenschappers overigens veldwerk gerealiseerd dat door het Programma voorzien was door deel te nemen aan de campagne "European Polarstern Study", georganiseerd door het "Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung" (BRD) met de steun van de "European Science Foundation".

Bij de participatie in EPOS werd rekening gehouden met de opportuniteit aan verwerking en interpretatie te kunnen doen van de gegevens die zo verzameld werden, in het kader van de Tweede Fase van het Programma (oktober 1988 - oktober 1992).

De EPOS-campagne sloeg op de ecologische en biogeochemische studie van de Atlantische sector van de Zuidelijke Oceaan. Ze bracht aan boord van het Duitse onderzoekschip "Polarstern" zo wat honderdtwintig wetenschappers bijeen van bijna alle landen van het Noorden en van Westeuropa. EPOS vertegenwoordigt de eerste operationele etappe in de wetenschappelijke activiteiten die voorzien zijn in het kader van een intra-Europees samenwerkingsnetwerk voor polaire wetenschappen dat door de ESF in 1986 werd opgezet voor een proefperiode van vijf jaar. Het vergemakkelijken van de toegang voor kleine landen tot adequate logistieke middelen is een van de doelstellingen ervan.

De goedkeuring van vier projecten van het Programma in de EPOS-campagne getuigt van een opmerkelijke internationale erkenning, aangezien de selectie die het organiserend Comité van EPOS doorvoerde, op ongeveer tweehonderd participatievoorstellen sloeg.

In dezelfde sfeer werd goedkeuring verleend om twee bijkomende teams van het Programma te laten deelnemen aan de activiteiten van het Europees polaire netwerk in de domeinen mariene geofysica en glaciologie.

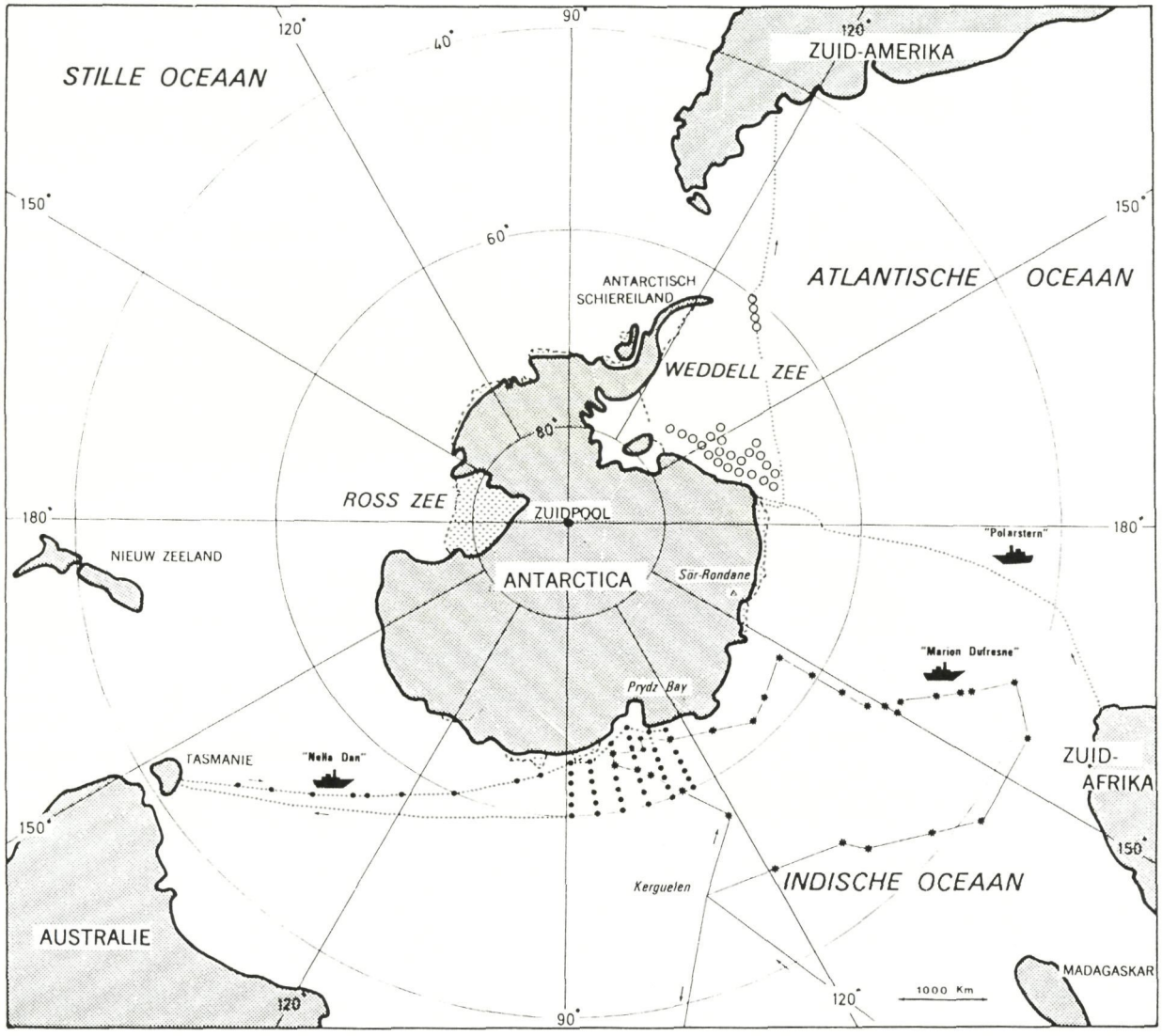
Algemeen gesproken vertegenwoordigde het gebrek aan logistieke middelen geen hindernis bij de realisatie van het onderzoek dat voorzien was in het kader van het Programma. Er moesten uiteraard aanpassingen gebeuren voor bepaalde taken omwille van de voorschriften eigen aan buitenlandse campagnes, maar ze hebben het bereiken van de hoofddoelstellingen van de werkzaamheden niet in het gevaar gebracht. In sommige gevallen hebben ze zelfs de ontwikkeling bevorderd van nieuwe onderzoekspistes die ontegensprekelijk belangrijk zijn.

Tabel I: Participatie van de wetenschappers van het Programma in de campagnes in Antartica (* : Campagne mislukt na de schipbreuk van de "Nella Dan").

PERIODE	CAMPAGNE	SCHIP, BASIS (LAND)	PLAATS	PROJECT	DEELNEMERS INSTELLING
v/86-Maa/87	JARE 28	Syowa (Japan)	Sor Rondane	Dynamica van de ijskap	H. Decleir: VUB L. De Vos: VUB
c/86-Maa/87	ANTARKTIS V/4	R/V Polarstern (BDR)	Wedellzee, Antarctisch Schiereland	Seismische stratigrafie en dynamica van klei	J.P. Henriet: RUG A. Moons: RUG E. Van Heuverswyn: RUG
n/87-Feb/87	INDIGO III	M/V Marion Dufresne (Frankrijk)	Zuidelijke Oceaan Z-W van Indische Oceaan	Biogeochemie van barium	F. Dehairs: VUB L. Goeyens: VUB
n/87-Feb/87	INDIGO III	M/V Marion Dufresne (Frankrijk)	Zuidelijke Oceaan Z-W van Indische Oceaan	Planktonecotoxicologie en -activiteit	M. Frankignoulle: ULg C. Joiris: VUB W. Overloop: VUB
n/87-Feb/87	INDIGO III	M/V Marion Dufresne (Frankrijk)	Zuidelijke Oceaan Z-W van Indische Oceaan	Biochemie en ecodynamica van zooplankton	A. Goffart: ULg J.H. Hecq: ULg
p/87-Maa/87	Marine Science Voyage 7	M/V Nella Dan (Australië)	Baai van Prydz	Biochemie van voedings-proces van fyto- en bacterioplankton	G. Billen: ULB S. Mathot: ULB
t/87-Dec/87	ANTARKTIS VI/2	R/V Polarstern (BDR)	Straat van Bransfield tot Baai van Marguerite	Seismische stratigrafie en dynamica van klei	J.P. Henriet: RUG E. Van Heuverswyn: RUG
v/87-Dec/87	Marine Science Voyage 4 (*)	M/V Nella Dan (Australië)	Hobart tot Baai van Commonwealth	Biochemie van voedings-proces van fyto- en bacterioplankton	S. Mathot: ULB E. Stainier: ULB
v/87-Maa/88	BAS 87/88	Damoy, Rhotera (Verenigd Koninkr.)	George VI Sound	Isotopische samenstelling van regelatie-ijs	J.L. Tison: ULB
t/88-Nov/88	EPOS Leg 1	R/V Polarstern (BRD)	Oostelijke Weddellzee	Biochemie en ecodynamica van zooplankon	A. Goffart: ULg
t/88-Nov/88	EPOS Leg 1	R/V Polarstern (BRD)	Oostelijke Weddellzee	Planktonecotoxicologie en -activiteit	J.M. Bouquegneau: ULg C. Joiris: VUB W. Overloop: VUB
v/88-Jan/89	EPOS Leg 2	R/V Polarstern (BRD)	Samenvloeiing van Weddell/Schotse Zee	Biochemie van voedings-proces van fyto- en bacterioplankton	S. Becquevort: ULB C. Lancelot: ULB S. Mathot: ULB
v/88-Jan/89	EPOS Leg 2	R/V Polarstern (BRD)	Samenvloeiing van Weddell/Schotse Zee	Biogeochemie van barium	F. Dehairs: VUB L. Goeyens: VUB

De integratie van Belgische vorsers is relatief makkelijk gebleken indien men er rekening mee houdt dat de plaatsen aan boord van de schepen en op de wetenschappelijke bases aanleiding gaven tot scherpe concurrentie tussen de burgers van de organiserende landen. Het gebeurde zelfs dat een team, dat reeds in een campagne verwikkeld was, een uitnodiging van een ander land moest afslaan.

De belangrijkste factoren die tot dit fenomeen bijgedragen hebben, zijn enerzijds het internationaal erkende niveau van uitmuntendheid van de Belgische teams en anderzijds het prioritair karakter van de onderzoekthema's van het Programma.



Figuur 4 : Bestudeerde zones tijdens de campagnes van de zuidelijke zomer 1986/87 georganiseerd door Australië (•: "Nella Dan"), Frankrijk (*: "Marion Dufresne"), Japan (▲: Sor Rondane) en BRD (○: "Polarstern").

3.4 RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

Een gespecialiseerde publicatie die werd uitgegeven in de herfst van 1989[1], werd gewijd aan de volledige ontwikkelingen en resultaten van het onderzoek dat gevoerd werd in het kader van de Eerste Fase.

Het gaat om een werk met een strikt wetenschappelijk karakter. In drie delen geeft het een geheel van tien teksten weer die door de teams van het Programma werden opgesteld, telkens in de vorm van een synthese van het werk dat hen werd toevertrouwd. De vorsers van de teams zijn er de expliciete auteurs van.

De teksten werden opgevat en opgesteld op basis van criteria die te vergelijken zijn met die welke worden aangenomen voor artikels die worden ingediend om te verschijnen in gespecialiseerde wetenschappelijke tijdschriften. Door hun inhoud en hun terminologie zijn ze meer in het bijzonder gericht tot een publiek van vorsers.

Er werd voor een dergelijke formule gekozen om over informatiemateriaal te beschikken met het vereiste niveau om op geloofwaardige wijze, zowel bij de wetenschappelijke gemeenschap als bij de beslissingnemers verbonden aan het SAV te getuigen van de concretisering van de wil van België om bij te dragen tot de ontwikkeling van de wetenschappelijke kennis over Antarctica.

Deze publicatie kan worden beschouwd als de referentie-informatiebron waarnaar we de lezer verwijzen die zich een directe en uitvoerige wetenschappelijke opinie wil vormen over de onderzoekresultaten van de Eerste Fase van het Programma.

3.4.1 PLANKTONECOLOGIE

3.4.1.1 BIOCHEMIE VAN HET VOEDINGSPROCES VAN FYTO- EN BACTERIOPLANKTON

Er werd op een verfijnd fysiologisch niveau een experimentele benadering ontwikkeld voor de studie van de dynamica van fyto- en bacterioplankton in de streek van de Baai van Prydz. De veldgegevens werden verzameld tijdens de campagne "Marine Science Voyage 7", die in 1987 door Australië georganiseerd werd.

De controle van de fotosynthese en de groei van fytoplankton door licht en temperatuur werd in detail bestudeerd voor de gemeenschappen van de open oceaanzones en voor die van de marginale zones waar ijs ontdooit.

---

[1]: "Belgian Scientific Research Programme on Antarctica, Scientific Results of Phase One (Oct 85 - Jan 89)", S. Caschetto (Ed). Vol. I : Plankton Ecology; Vol. II : Marine Geochemistry & Marine Geophysics ; Vol. III : Glaciology - Climatology.
Deze delen kan men op eenvoudige aanvraag verkrijgen bij de DPWB.

Met het conceptueel model dat ontwikkeld werd kan men de belangrijkste trekken van de variaties van de biomassa en van de activiteit van fytoplankton voorspellen vanuit de kennis van de fysieke kenmerken van het milieu, met als belangrijkste de stabiliteit van de waterkolom.

Dit model houdt rekening met de kinetica van de metabolische processen die de vorming van fundamentele celverbindingen controleren evenals hun verbruik door ademhaling en celexcretie. Het geïntegreerd kinetisch effect van het ontvangen licht wordt op realistische wijze in een model gevoerd dankzij de intensiteitsschommelingen naargelang de verticale bewegingen in de menglaag.

Het gaat er hier hoofdzakelijk om een realistische aanwijzing te geven van het voedingspotentieel voor de bovenste schakels van de trofische keten. Zo kan men een evaluatie maken van de groei van fytoplankton, dit wil zeggen van de effectieve vorming van de biomassa, en niet van de loutere fotosynthese, zoals dat het geval is voor de kwasi-totaliteit van de modellen die elders ontwikkeld worden.

De toepassing van dit model op de verschillende woongebieden van de Zuidelijke Oceaan op het einde van de zomerperiode, leverde netto primaire produktiewaarden op (groei van het fytoplankton) van 20 tot 25 $mgC/m^2/dag$ in de open oceaanzone, en van 30 tot 250 $mgC/m^2/dag$ in de marginale zone.

Dit zijn de eerste uiterst nauwkeurige schattingen van de netto primaire produktie die ooit in de Zuidelijke Oceaan uitgevoerd werden.

Men heeft ook kunnen aantonen dat, in tegenstelling tot de klassieke theorie van Sverdrup, de "kritieke diepte" (diepte waar groei en autocatabolisme elkaar compenseren), tegelijk bepaald wordt door de diepte van de menglaag, de optische eigenschappen van water, de temperatuur en de fysiologie.

De dynamica van de heterotrofe bacterische voedingsbaan werd op gelijkaardige wijze bestudeerd.

De gezamenlijke interpretatie van de rechtstreekse veldmaatregelen en van experimentele metingen op de fysiologie van bacteriën maakte het mogelijk een vooraf erkend concept te ontkrachten, volgens hetwelk organisch materiaal slechts een minieme aftakeling zou ondergaan in het water van de Zuidelijke Oceaan van waar het door de oceaancirculatie zou uitgevoerd worden naar tropische streken.

Inderdaad, de rol van de bacteriële activiteit in het gebruik van organisch materiaal dat wordt voortgebracht door primaire produktie is even belangrijk gebleken in de Zuidelijke Oceaan als in de gematigde mariene ecosystemen. Er werd echter aangetoond dat er een veel langere termijn bestaat (van ongeveer een maand) tussen de ontwikkeling van fytoplankton en die van bacterioplankton.

Tenslotte hebben simulaties, verricht op basis van een mathematisch model voor de ontwikkeling van bacterioplankton als antwoord op dat voor fytoplankton, de validiteit bevestigd van de dynamische studie die zo ontwikkeld werd.

3.4.1.2 BIOCHEMIE EN ECODYNAMICA VAN ZOOPLANKTON

De studie van de distributie en biochemische beschrijving van het lipidengehalte van zoöplankton naargelang de stand van variabele factoren van het milieu, werd aangevat op basis van een benadering die drie aspecten omvat : hydrodynamica, beschrijving van de planktongemeenschap en biochemie.

Het onderzoek aan boord van het Franse schip "Marion Dufresne", werd in 1987 tijdens de INDIGO III-campagne uitgevoerd in de sector van de Zuidelijke Oceaan die overeenstemt met de Indische Oceaan. Er werden metingen gedaan langsheen de waterkolom (temperatuur, saliniteit, nitraten, fosfaten, silicium) in dertig stations, verdeeld over het Noorden van de Subtropische Convergentie en de noordelijke grens van het pakijs. De biomassa, de chlorofylpigmenten, het gehalte aan proteïnen en lipiden werd bepaald op planktonmonsters die werden verzameld langsheen de waterkolom en in het oppervlaktewater.

Dankzij het meten van chlorofylpigmenten door HPLC kon men de ruimtelijke verdeling vastleggen van de biomassa van fytoplankton. De maxima van de actieve chlorofylconcentratie, waargenomen in het oppervlaktewater bleek een band te vertonen met de belangrijkste frontale systemen die convergerende kenmerken vertonen (Subtropische Convergentie en Antarctische Convergentie). Langsheen de waterkolom heeft men kunnen aantonen dat de ophoping van fytoplankton verband hield met de kenmerkende verticale densiteitsgradiënten van de dynamiek van deze systemen.

In de interfrontale zones, bleek de biomassa van fytoplankton, ingesloten in het oppervlaktewater, heel zwak ondanks de overvloed aan voedsel.

De spreiding van de flora- en fauna-samenstelling van de planktongemeenschappen, verzameld op -5m diepte, bracht de overheersing aan het licht van zoöplankton in de zone van de Antarctische Convergentie. Ten zuiden van breedtegraad 55°Z, overheerst fytoplankton.

De evolutie van de verhouding proteïnen/lipiden binnen de verschillende planktongemeenschappen, die een aanwijzing is voor de veroudering van de populaties heeft het mogelijk gemaakt de ontwikkeling en de distributie van de biomassa's in de zomerperiode te verklaren. Het mechanisme dat wordt voorgesteld, is als volgt : het seizoengebonden inkrimpen van het pakijs gaat gepaard met de vorming van een stabiele laag oppervlaktewater die de ontwikkeling van fytoplankton bevordert; vanuit deze voedingsbron ontwikkelt het zoöplankton zich op zijn beurt, maar met een verschuiving in de tijd; bijgevolg vindt men oude zoöplanktonpopulaties in het Noorden en jonge fytoplanktonpopulaties in het Zuiden.

De studie van het gehalte vette zuren in plankton toonde aan dat de maximale efficiëntie van de trofische keten in de zone ligt die in het Noorden begrensd wordt door de Subtropische Convergentie en in het Zuiden door de Antarctische Convergentie (waar elk compartiment van de keten snel verbruikt wordt door de bovenste schakel met een snelle vernieuwingstijd), en niet in de nabijheid van het continent (waar de biomassa fytoplankton hoog is maar de vernieuwingstijd traag).

3.4.1.3 PLANKTONECOTOXICOLOGIE EN -ACTIVITEIT

De distributie van stabiele verontreinigers en de mechanismen die ze gebruiken om zich op te stapelen en te verplaatsen, werden bestudeerd in het plankton dat tijdens de INDIGO III-campagne verzameld werd in de sector van de Zuidelijke Oceaan die overeenstemt met de Indische Oceaan.

De geanalyseerde verbindingen waren de volgende : organochloren, pesticiden (aldrine, DDT, DDE, diëldrin, heptachloor, heptachloorepoxide, lindaan), PCB en gedegen kwik.

Er werden drie, op hydrografisch vlak onderscheiden gebieden bekeken : het subtropisch gebied (STG), het Antarctisch Gebied (AG) en het gebied gelegen ten Zuiden van de Divergentie (GZD).

Men verkreeg vrij hoge gehalten PCB voor de partikelmaterie (die hoofdzakelijk fytoplankton bevat), met gemiddelde waarden die worden uitgedrukt in µg PCB/g droog gewicht, als volgt : 1.43 voor STG, 0.69 voor AG en 0.68 voor GZD. Aangezien het aantal bestudeerde monsters echter zeer verschillend is van gebied tot gebied en de gemiddelde verschillen vaak belangrijk zijn binnen eenzelfde gebied, is het raadzaam deze gegevens met omzichtigheid te interpreteren.

Uit de gemiddelde waarde voor het geheel van de drie streken, of 0.75, bleek dat het gehalte PCB van de partikelmaterie van een niveau was, vergelijkbaar met dat, waargenomen in gematigde streken, of gemiddeld 0.40 in de Noordzee bijvoorbeeld.

De resultaten die uitgedrukt worden ten opzichte van het zeewater hebben geen belangrijk verschil tussen de drie streken aan het licht gebracht. De gemiddelde bezoedelingsgraad (1.18 µg PCB/m^3) bleek zwakker dan in de gematigde zones (6.00 µg PCB/m^3 in de Noordzee). Deze situatie zou verklaard worden door het aanwezigheid in de Zuidelijke Oceaan van een zwakkere bezoedelingsgraad, maar die zou leiden tot een hoger gehalte PCB per eenheid biomassa omwille van de zwakke biomassa's die men erin aantreft.

Voor het plankton dat met de hulp van netten werd verzameld bleken de resultaten, uitgedrukt in droog gewicht gelijkaardig voor de drie gebieden : 0.37 voor STG, 0.38 voor AG, en 0.30 voor GZD. Omgekeerd zijn uitgesproken verschillen gebleken in termen van concentraties per m^3 zeewater : 0.01, 0.04 en 0.001, respectievelijk voor de drie zones. Deze bezoedelingsniveaus zijn vergelijkbaar met die, waargenomen in de Noordzee voor de partikelmaterie en voor zoöplankton. De relatieve bijdrage van zoöplankton kon niet met zekerheid worden vastgelegd, omwille van de heterogeneïteit van het verzamelde materiaal (mengeling van fyto- en zoöplankton).

De organochlore pesticiden zoals aldrine, diëldrin, heptachloorepoxide en lindaan werden waargenomen in de toestand van sporen. In bepaalde gevallen kon men ze niet opsporen. Van alle organochloren, bleken DDT en DDE de laagste gehalten te bevatten. Er werden hoge waarden in de verhouding DDT/DDE vastgesteld die toegeschreven werden aan het aanhoudend gebruik van deze pesticiden in het zuidelijk halfrond.

Dankzij de analyses van het gehalte aan gedegen kwik kon men tot conclusies komen die analoog waren met die, verkregen voor de organochloren.

3.4.2 MARIENE GEOCHEMIE

3.4.2.1 BIOGEOCHEMIE VAN BARIUM

De studie van de distributie van het waterstadium en het partikelstadium langsheen de waterkolom vestigde de aandacht op verschillende aspecten van de biogeochemische cyclus van barium. Zo kon men een nieuw perspectief geven aan het gebruik van opgelost barium als tracer in watermassa's, enerzijds en partikelbarium als tracer van de biologische activiteit anderzijds.

De studie werd uitgevoerd in de sector van de Zuidelijke Oceaan die overeenstemt met de Indische Oceaan aan boord van het Franse schip "Marion Dufresne" tijdens de INDIGO III-campagne (australe zomer 1987).

Ten zuiden van de Antarctische Convergentie werd de aanwezigheid van nieuw bodemwater aangetoond dankzij de analyse van de evolutie van barium, van de saliniteit en van de temperatuur langsheen de waterkolom. Deze benadering bracht ook aan het licht dat diep water, verrijkt met barium, deze nieuwe bodemwaters indringt. Een van de watermassa's die zo gevormd werden, kon dicht bij de bodem geïdentificeerd worden. De andere werd ontdekt onder de maximale saliniteit die verenigd is in de kern van Diep Water in het noordelijk deel van de Atlantische oceaan. Ze is aanwezig in het grootste deel van de zone ten zuiden van de Antarctische Convergentie.

Een belangrijke verwezenlijking van deze studie bestond erin aan te tonen dat de "barium-saliniteit"-diagrammen het in sommige gevallen mogelijk maakten de watermassa's te onderscheiden daar waar de oplossing van klassieke diagrammen "temperatuur-saliniteit" of "silicium-saliniteit" onvoldoende bleken.

Tussen de continentale glooiing en het Plateau van Kerguelen, kon men de aanwezigheid van belangrijke bekkens nieuw bodemwater suggereren door de analyse van hun barium- en siliciumgehalte. De interpretatie van dit fenomeen dat in contrast staat met de beperkte hoeveelheid nieuw bodemwater die men kan waarnemen op het continentaal plat, maakte het mogelijk een hypothese te formuleren volgens de welke er buiten de Weddellzee en de Rosszee andere belangrijkere plaatsen zouden bestaan waar diep water gevormd wordt en die langsheen het continent zouden liggen.

Wat partikelbarium betreft, kreeg men de bevestiging dat de microkristallen van bariumsulfaat ($BaSO_4$) er de belangrijkste draagfase van vormen, in navolging van wat men in de andere oceanen kan vaststellen.

De aandacht werd gevestigd op een systematische anti-correlatie tussen partikelbarium en zuurstof in de laag met een minimum aan zuurstof. Op basis van deze waarneming, werd geopperd dat de laag met een minimum aan zuurstof zou kunnen gevormd worden vanaf de plaats, in de buurt van de Divergentie, waar het niveau van diep water dat aanvankelijk zuurstofarm was weer stijgt, en dat daarna naar het Noorden zou lopen via de Circumpolaire stroom. De sedimentatie van biogenische deeltjes en de heterotrofe oxydatie van het organisch materiaal zouden vervolgens optreden om bariumsulfaat te produceren en om zuurstof te verbruiken, zoals de nitratenbalans ervan getuigt en zo progressief de zuurstofverarming benadrukt.

De biologische processen die verantwoordelijk zijn voor de produktie van bariumsulfaat in het oppervlaktewater werden geïdentificeerd op basis van de graad van heterotrofe remineralisatie van ammonium en van de gehalten aan chlorofyl en nitraten. Ze stemmen mooi overeen met de hierboven uiteengezette mechanismen in die zin dat ze een verklaring geven voor de vorming van bariumsulfaat door chemische neerslag binnen oververzadigde micro-milieus, en/of door secretie binnen de cellen van fytoplankton.

3.4.3 MARIENE GEOFYSICA

3.4.3.1 SEISMISCHE STRATIGRAFIE EN DYNAMICA VAN KLEI

Gegevens uit de reflexie-seismiek met hoge resolutie werden verworven en geanalyseerd in nauwe samenwerking met de geofysici en geologen van de BRD. Deze gegevens werden geïnterpreteerd door de methoden van de seismische stratigrafie. De resultaten werden gecombineerd met de gegevens van de tektoniek, sedimentologie, paleo-oceanografie, en paleo-klimatologie om zo nieuwe elementen op te leveren in de wedersamenstelling van de geologische evolutie van de Atlantische continentale randgebieden van Antarctica.

Deze geïntegreerde benadering werd toegepast op de studie van twee onderscheiden geologische milieus : het passieve continentale randgebied, gelegen in het oostelijke deel van de Weddellzee (campagne ANTARKTIS V/4) en het actieve continentaal randgebied, gelegen ten westen van het Antarctisch Schiereiland (campagne ANTARKTIS VI/2).

In de Weddellzee werd 2 650 km seismisch profiel met hoge resolutie gerealiseerd, wat gedeeltelijk overeenstemt met de geologische boringen die werden uitgevoerd ter hoogte van "Cape Norvegia" (Leg 113) in het kader van de "Ocean Drilling Program". Duitse en Noorse vorsers die bij het Belgisch team betrokken waren, kozen voor deze plaats als stratotype voor de herziening van de geïntegreerde seismische stratigrafie van het sedimentatiebassin van de Weddellzee.

Een tweede studie had als kader het distale gedeelte van de "Crary Fan" (Weddellzee). Door de heel hoge oplossing van de verkregen seismische profielen op deze plaats, kon men een gedetailleerde analyse maken van het vervoer en de deformatie van de sedimenten. De paleo-oceanografische evolutie van de Zuidatlantische provincie tijdens het Mesozoïcum en het Kaenozoïcum werd gereconstrueerd op basis van de analyse van discordantie-oppervlakken samen met de geologische gegevens van de ODP 693-peiling. Ze schraagt de hypothese van het begin van de Antarctische Circumpolaire Stroom vanaf het boven Krijttijdperk onder invloed van het verschijnen van een zeekanaal in de transantarctische keten. Ze wees ook op een klimaatcontrole van de discordantieoppervlakken uit het Kaenozoïcum.

Op het Antarctisch schiereiland deed men seismische metingen in de Straat van Bransfield en de Zee van Bellingshausen ten belope van 1 800 km profiel dat gekenmerkt wordt door een toegenomen penetratie. Ze werden geanalyseerd met de methoden van de seismische stratigrafie, waarbij men rekening hield met de gegevens over magnetische

anomalieën, om tot een nieuwe formulering te komen van de lokale dynamica van subductie en expansie van schollen van de aardkorst. De conclusies bleken coherent ten opzichte van de studies van peiling 325 van de DPWB en de studies die Japanners uitvoerden in de aangrenzende streek.

Met de seismische profielen die verkregen werden in de breukzones "Antwerpen" en "Hero", kon men het fenomeen van thermische contractie in schollen illustreren, en in het bijzonder de aspecten van thermische flexuur en magmatisch diapirisme.

Het was ook mogelijk de bijzondere aard en structuur van de onderzeese waterscheiding die verbonden is met de breukzone "Hero", te identificeren. Zo werd een reeks implicaties vastgelegd op het vlak van de segmentatie van het westelijk continentaal randgebied van het Antarctisch Schiereiland. Een van de nieuwe aspecten die deze studie inleidt, in verband met deze segmentatie, ligt in het aantonen van het waarschijnlijke bestaan van een extern marginaal bekken ("fore-arc basin") in het zuidelijk plat van de breukzone "Hero".

3.4.4 GLACIOLOGIE - KLIMATOLOGIE

3.4.4.1 ISOTOPISCHE SAMENSTELLING VAN REGELATIE-IJS

In het Antarctisch milieu vloeit de aanwezigheid van ijs niet uitsluitend voort uit de transformatie van sneeuw door compactie en rekristallisatie. De bevriezing van water, of het nu aan het oppervlak van de oceaan is, op de interface gletsjer-substraat of aan de basis van het platform van het vlottende ijs, doet zich ook voor. Dit fenomeen kan van dynamische aard zijn, door de modaliteiten van de verplaatsing van het ijs te beïnvloeden, of van thermodynamische aard, door de overbrenging van warmte te wijzigen.

In dit opzicht kan de kennis van de vriessnelheid van congelatie-ijs tot talrijke studietoepassingen leiden zoals die in verband met de paleo-klimaatsignalen van de ijskernen, de seizoenvariaties van pakijs, of de massabalansen.

Er werd een originele methode, gebaseerd op isotopische analyse, ontwikkeld op theoretisch en experimenteel vlak waarmee men de vriessnelheid kan evalueren.

Inderdaad, de isotopische samenstelling van congelatie-ijs hangt af van de isotopische samenstelling van het water dat het deed ontstaan, van de congelatiegraad en van de zichtbare fractioneringscoëfficiënten met waarden die wezenlijk afhangen van de vriessnelheid.

Er werd gekozen voor een studie van de waterstof- en zuurstofisotopen omdat zij gelijktijdig optreden in het bepalen van de samenstelling van het initiaalwater.

Er werden modellen uitgewerkt, eerst in een gesloten systeem, later open, om de isotopische distributie te simuleren van de verhoudingen deuterium/waterstof en zuurstof 18/zuurstof 16 tijdens de congelatie. Men hield rekening met de vermenging van het

vloeibaar reservoir van de congelatie voor drie onderscheiden toestanden :

(i) volledige vermenging door diffusie of convexie;

(ii) vullen door diffusie vanuit de overblijvende vloeistof, van de uitputting van zware isotopen van het water dat dicht bij de interface water-ijs ligt;

(iii) vermenging door diffusie in de nabijgelegen grenslaag van de interface en daarna volledige vermenging.

De studie van de isotopische distributie van ijs, dat gevormd wordt in gecontroleerde omstandigheden, maakte het mogelijk de modellen uit te testen en een methode uit te werken voor het bepalen van de vriessnelheid.

Onderzoek van meerijs, dat in welbekende klimaatomstandigheden gevormd wordt, leverde een verdere test op. De analyse van kernen van zee-ijs van de streek van "Breid Bay" (Oostelijk Antarctica) maakte het mogelijk op precieze wijze de groeisnelheid vast te leggen op basis van de isotopische analyse.

3.4.4.2 INTERACTIES OCEAAN-IJS-ATMOSFEER

De finaliteit van dit onderzoek was een beter begrip te verwerven van de mechanismen van het regionaal en globaal klimaat door de studie van de interacties tussen oceaan, marien ijs en de atmosfeer in de kustzone van Antarctica.

Kenmerkend voor deze zone is dat koude luchtmassa's die een dagelijkse gemiddelde snelheid van 200 km/H kunnen bereiken langsheen de glooiing van de ijskap kunnen drijven. Een dergelijke wind (katabische wind genoemd) kan de meteorologische situatie op synoptische schaal wijzigen en de wateroppervlakken ijsvrij (polynie) houden. Het oppervlaktewater dat op die wijze afgekoeld wordt, veroorzaakt de vorming van ijs, die samengaat met het afstoten van zout in de onderliggende waterlaag. Deze wordt daardoor dichter, stroomt dieptewaarts en vervoegt de oceaancirculatie.

Het onderzoek werd dus toegespitst op het opstellen van numerieke modellen over de circulatie van katabische winden langsheen representatieve geidealiseerde glooiingen van het Antarctisch terrein met zijn hoogteverschillen.

Zo werd een model met twee dimensies in primitieve vergelijkingen en aanpasbaar aan een reliëf met niveauverschillen door transformatie van de hoogtecoördinaat in genormaliseerde drukcoördinaat ontwikkeld en gekoppeld aan een model met energiebalans voor de grond. Het werd doorgevoerd in omstandigheden van de polaire nacht.

Een eerste reeks van drie simulaties werd uitgevoerd voor het geval van een met ijs bedekte oceaan en voor een representatieve topografie van Adélieland. De resultaten hebben aangetoond dat, vanuit een aanvankelijke rusttoestand, een katabische wind snel tot stand kwam om na ongeveer 15 H zijn kruissnelheid te bereiken. De aandacht werd ook gevestigd op een tweede luchtcirculatie boven het mariene ijs, met richting continent. De analyse van de componenten van de balans van de bewegingshoeveelheid toonde een verandering aan in

het teken van de kracht van drukgradiënt in de kustzone, wat werd toegeschreven aan de ophoping van katabische lucht daar waar de helling sterk daalt.

Er werden nog twee bijkomende simulaties uitgevoerd voor een ijsvrije oceaan, hetzij totaal, hetzij gedeeltelijk en voor dezelfde topografie. Het is gebleken dat in het eerste geval de verwarming van de atmosfeer volstond om de tegendrukgradiënt, verantwoordelijk voor de zeebries, te verlagen.

Er werd een polyniemodel verwezenlijkt, onder druk van de warmtestroom en de wind, berekend door het atmosferisch model voor een ijsvrije oceaan. De zoutstromen die gepaard gaan met ijsvorming in de polynie werden berekend.

Ervan uitgaande dat de atmosferische circulatie ongewijzigd was, bleken deze stromen voldoende om de vorming van diep water na twee maanden aan te vatten.

3.4.4.3 DYNAMICA VAN DE IJSKAP

De evolutie van de ijskap en kustgletsjers als reactie op de globale wijzigingen van het milieu werd op interactieve wijze in model gebracht om er de implicaties in verband met lange termijnvariaties van het klimaat en het zeeniveau van te evalueren.

Er werd een volledig gekoppeld thermodynamisch 3D-model (simultane oplossing van de thermodynamische en kinematische vergelijkingen in de drie dimensies) ontwikkeld. Het beschrijft de volgende processen :

(i) deformatie van de continentale ijsbedekking;
(ii) dynamica van de overgangszone met het pakijs;
(iii) afdrijvingsstelsel van het pakijs;
(iv) evolutie van de temperatuur van continentaal ijs;
(v) evolutie van de temperatuur van het rotssubstratum;
(vi) isostatische aanpassing.

De initiale omstandigheden werden opgelegd door het invoeren van :

(i) de massabalans;
(ii) de afdrijvingscoëfficiënten naargelang de temperatuur;
(iii) de luchttemperatuur op 10 m boven de kap;
(iv) de geothermische stroom;
(v) de verhoging van het zeeniveau;
(vi) de verhoging van het rotssubstratum;
(vii) reologische parameters ter hoogte van het rotssubstratum.

De gegenereerde gegevens zijn wezenlijk driedimensionele snelheids- en temperatuurvelden evenals de distributies van de dikte en horizontale extensie van ijs.

In een eerste etappe werd een bidimensionele versie van het model intensief uitgetest en toegepast op de simulatie van de reacties van de westelijke kap na de overgang van een ijstijd op een tussenijstijd. Het thermische regime en de algemene configuratie van de kap,

verworven op het einde van een gesimuleerde evolutie over een periode van 100 000 jaar, hebben aangetoond dat :

(i) de instabiliteit door verschuiving die zou teweeg gebracht worden door een plotse klimaatverwarming, niet in staat lijkt te zijn een massale afdrijving van de oostelijke Antarctische kap aan de gang te brengen, omwille van het stabiliserende effect te wijten aan de horizontale thermische advectie;

(ii) de overgang op tussenijstijd zou aanvankelijk leiden tot een stijging van het volume van de kap, een trend die later zou keren omwille van de opwarming van de basis van de kap;

(iii) deze aanpassingen doen zich voor binnen een tijdschaal van 10 000 jaar, wat erop wijst dat het thermomechanische regime van de huidige Antarctische kap niet stationair is;

(iv) aangezien de typische verhogingen in het centrum van de oostelijke kap tijdens de glaciaire cyclus 100 m bedroegen, is het paleoklimatische signaal dat werd waargenomen in de Vostokpeiling essentieel van klimatische aard.

Het volledige 3D-model werd doorgevoerd in vaste geometrische omstandigheden en bleek stabiel te zijn. Voorafgaande toepassingen maakten het mogelijk de aandacht te vestigen op de geografische distributie van de basale temperatuur van de kap. Er werd met name bevestigd dat het Antarctisch schiereiland gekenmerkt wordt door de aanwezigheid van basaal ijs, dicht bij de fusiedruk. Bovendien is gebleken dat het geheel van de kap zich in een groeifase zou kunnen bevinden.

De dynamica van de kustgletsjers van Sor Rondane werd bestudeerd tijdens de JARE-28-expeditie die in 1986/87 door Japan georganiseerd werd.

Het sub-glaciaire reliëf van de centrale zone van Sor Rondane werd in kaart gebracht op basis van peilingen door gravimetrie en radar. Zo kon men een landschap, bestaande uit fjords doorsneden met valleien reconstrueren.

Unidimensionele afdrijvingsmodellen hebben aangetoond dat bepaald gletsjerijs ging afgesneden worden van de algemene ijscirculatie, een fenomeen dat geïnterpreteerd werd als de aanwijzing voor een veralgemeende glaciaire recessie in Sor Rondane.

De bevestiging ervan werd verkregen door een simulatie van de dynamica van gletsjerijs, die erop wees dat de dikte ervan niet kon stijgen zonder een voortschuiving naar het continentaal randgebied. Onder de mogelijke scenario's : een verlaging van het zeeniveau (150 m) en van de temperatuur (11°C)

3.4.4.4 DYNAMISCH MODEL VAN DE OCEAANCIRCULATIE

Het doel van dit onderzoek was een bijdrage te leveren tot het scheppen van een toekomstig operationeel instrument voor de voorspelling van de extensie van zeeijs voor praktische toepassingen zoals veiligheid voor de scheepvaart in de Zuidelijke Oceaan.

Er werd een numeriek model doorgevoerd voor het simuleren van de distributie van oppervlaktestromingen, de verhoging van het water en de oppervlaktetemperatuur in de Weddellzee. Rekening houdende met het vastgelegde doel, werd opzettelijk gekozen voor een formule die een aanvaardbaar compromis zou verzekeren tussen de intrinsieke kwaliteit van de geleverde gegevens en de eenvoud van de in het werk gestelde middelen. In de praktijk werd het model opgevat binnen de grenzen die het gebruik van een micro-computer van het type 80286 uitgerust met een numerieke co-processor, oplegt.

De oceaanstromingen werden gesimuleerd met de hulp van een numeriek model gebaseerd op de oplossing van de vergelijkingen voor het behoud van de massa en vergelijkingen voor de bewegingshoeveelheid die de dynamica van het oppervlaktewater volgens twee dimensies beschrijven.

Deze vergelijkingen werden op de loodlijn geïntegreerd en opgelost in functie van de tijd. De omzetting van de vergelijkingen gebeurde met de hulp van een origineel numeriek schema dat ontwikkeld werd op basis van de zogenaamde "Alternating Direction Implicit". Op deze wijze was het mogelijk het aantal berekeningsoperaties te beperken en toch een goede stabiliteit van de numerieke oplossingen te verkrijgen.

Het model werd gevalideerd door vergelijking met de situatie waargenomen in welbekende zones, zoals de Noordzee. Er ging bijzondere aandacht naar de keuze van omstandigheden met realistische grenzen en ook werd rekening gehouden met advectie- en diffusiefenomenen.

De toepassing ervan op de Weddellzee leidde tot een redelijkerwijs bevredigende beschrijving van de stromingen die te wijten zijn aan getijden en aan de wind.

3.4.4.5 THERMODYNAMISCH EN DYNAMISCH MODEL VAN IJS

Er werd een model van zeeijs ontwikkeld dat de seizoenevolutie van de dikte en van de bedekking van oceaanijs beschrijft en het werd toegepast op een bijzondere sector van de Zuidelijke Oceaan die de Weddellzee en de Drake Passage omvat.

Het ijsmodel werd ontworpen door een thermodynamisch model dat de verticale overbrengingen van warmte en zout in ijs en de onderliggende oceaanlagen, vertegenwoordigt, te koppelen aan een kinematisch model dat de verplaatsing aan het oppervlak van lokaal gevormd ijs verklaart.

Het thermodynamisch model van de verticale overbrenging werd toegespitst rond drie onderling afhankelijke componenten :

(i) een lineair model van de vries- en dooiprocessen van marien ijs, toe te schrijven aan

de energie-uitwisselingen tussen de atmosfeer, ijs en de oceaan;

(ii) een model voor een gemengde laag dat - in het licht van de warmte- en zoutstromen die aan de grenzen worden uitgewisseld, de thermodynamische toestand bepaalt van de oppervlakte-oceaanlaag en de onderliggende lagen;

(iii) een model voor waterlopen om de energie-uitwisselingen die te wijten zijn aan het permanent bestaan van openingen in het pakijs, te simuleren.

Het dynamisch model werd beperkt tot het kinematische gedeelte dat de verplaatsing onder invloed van de wind en de oceaanstromingen beschrijft van ijs dat gevormd wordt door thermodynamische processen.

De energiebalans aan de oppervlakte, de uitwisselingen van de hoeveelheid warmte en zout, en ook de overbrengingen van de bewegingshoeveelheid werden in model gebracht en/of in parameters omgezet op basis van :

(i) maandelijkse gemiddelden van klimatologische gegevens (wind, temperatuur van de lucht en van het dauwpunt, wolkendek, sneeuwval);

(ii) jaarlijkse gemiddelden van de oceaangegevens (oppervlaktestromingen, gemiddelde profielen van temperatuur en saliniteit).

Met uitzondering van de oppervlaktestromingen die verkregen werden met de hulp van een onafhankelijk model, werden alle gegevens die als initiale omstandigheden gebruikt werden, uit de literatuur gehaald. In onderhavig geval werd hun formaat aangepast aan de normen die inherent zijn aan de diverse modellen.

De simulaties werden gerealiseerd over een periode van tien jaar met een tijdschrede van één dag. De te behouden vergelijkingen werden opgelost in sferische coördinaten volgens een dichtheid van 2° in de lengte en 1° in de breedte, of 1 736 cellen. De diepte werd opgedeeld in 12 lagen, gaande van het oppervlak tot -5 250 m.

Het model voor zeeijs werd toegepast op de Weddellzee en de Drake Passage volgens twee benaderingen :

(i) door een beperkt aantal oceaanlagen te beschouwen en gebruik te maken van de thermodynamische informatie die bevat zit in de voorlaatste laag (zogenaamde "laagmodel"-benadering);

(ii) door opnieuw gedeeltelijk de initiale omstandigheden in te voeren bij elke stap van de berekening, maar met een lichte afschrijving (zogenaamde "robust diagnosis model"-benadering).

De prestaties van deze twee benaderingen werden vergeleken en de resultaten hebben een mooie overeenkomst aangetoond met de omvang van de waarnemingen van de extensie van ijs en met de gemiddelde oceaanstromingen die worden uitgewisseld tussen ijs en de oceaan. De "robuuste diagnose"-methode leverde een zwakkere ijsdikte op dan de "laagmethode", maar verzekerde een betere bewaring van zout en energie.

3.5 VERSPREIDING

Er werd in de eerste plaats over gewaakt dat Buitenlandse Zaken regelmatig alle documenten en informatie ter beschikking kreeg die nodig waren voor de verspreiding van het Programma bij onze partners van het Antarctisch Verdrag. Dit opdat ons land de herlancering van zijn wetenschappelijke activiteiten zou kunnen vermelden, overeenkomstig de hoofddoelstelling van het Programma.

Op ruimere schaal werden het Programma en de wetenschappelijke resultaten ervan nationaal en internationaal verspreid in de volgende vormen :

(i) jaarlijkse rapporten aan SCAR, via het Belgisch Nationaal Comité voor Onderzoek op Antarctica;

(ii) internationale stand van de DPWB op "Flanders' Technology" (brochures, audiovisuele montage);

(iii) Belgische geschreven pers (overhandigen van een synthesedossier over het Programma en over de campagnes, in mei 1987);

(iv) organisatie van het "Belgian National Colloquium on Antarctic Research" (20 oktober 1987), waarop de wetenschappelijke verantwoordelijken van landen waarmee nauwe samenwerking ontwikkeld werd, uitgenodigd werden (Australië, BRD, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk);

(v) publicatie van de Proceedings van het Colloquium in kwestie;

(vi) publicatie van drie delen die het geheel weergeven van de wetenschappelijke activiteiten van het Programma;

(vii) publicatie van drie informatiebrochures over het Programma;

(viii) voordragen door de operationeel directeur van drie mondelinge communicaties in het kader van het Colloquium dat georganiseerd werd door de DPWB in oktober 1987, de Universiteit Derde Leeftijd van de KUL (maart 1988) en van het "Colloquium Antarctica : Beschermen of Ontginnen?", op 2 juni 1988 georganiseerd door "Greenpeace";

(ix) realisatie van een videomontage (drie versies, Fr, Ndl, Engels) met voorstelling van het gevoerde werk in het veld in samenwerking met de BRD in het domein van de geofysica.

4 GLOBALE BALANS

Het project voor de herlancering van het Belgisch wetenschappelijk onderzoek op Antarctica ontstond in 1985 uit de volgende vaststelling :

(i) België had haar wetenschappelijke activiteiten in het Antarctica-domein gedurende verschillende jaren aanzienlijk afgezwakt ;

(ii) zo beantwoordde ze niet langer aan de verwachting van haar partners van het Verdrag ;

(iii) vanaf de jaren 70 maakte men een heropleving van de internationale dimensie van de belangstelling voor Antarctica mee, in het bijzonder in het domein van wetenschappelijk onderzoek, wat in schril contrast stond met de terugtrekking van België. De gegevens die beschikbaar waren in 1985, wezen erop dat de trend van heropleving van de belangstelling tenminste op middellange termijn zou behouden blijven, wat door vaststelling bevestigd werd en op dit ogenblik nog steeds geldig is;

(iv) België had geenszins de bedoeling een beleid te voeren van Antarctische mogendheid, noch zich te gaan toeleggen op exploratie of exploitatie van de natuurlijke rijkdommen van deze streek;

(v) op strikt wetenschappelijk vlak vertegenwoordigde Antarctica zeker een belang, maar in dezelfde hoedanigheid als een aantal andere ver afgelegen streken;

(vi) haar hoedanigheid van oprichtend lid van het Verdrag maakte het opportuun actief bij te dragen tot de verbetering van de wetenschappelijke kennis van dit gebied.

In die omstandigheden werd vrijwillig geopteerd voor het doorvoeren van een nationaal programma met een beperkte omvang. In ruil daarvoor werd de nadruk gelegd op de coördinatie van het onderzoek, internationale samenwerking en de kwaliteit van de teams die belast werden met de uitvoering ervan. Men koos voor deze formule omwille van vier grote eisen :

(i) België in staat stellen haar verbintenis na te komen die impliciet verbonden was aan haar hoedanigheid van CP van het Antarctisch Verdrag en die verband houdt met de ontwikkeling van de wetenschappelijke kennis van deze streek;

(ii) voldoende budgettaire middelen in het werk stellen om onderzoek van een geloofwaardig niveau te voeren, maar in naleving van het geheel van prioriteiten van het nationaal wetenschappelijk beleid;

(iii) een perspectief meegeven van wetenschappelijke meerwaarde door voorrang te verlenen aan onderzoek dat van directer belang is voor ons land;

(iv) zoveel mogelijk voordeel halen uit het wetenschappelijk uitmuntendheidspotentieel dat in ons land ter beschikking is.

Globaal gesproken getuigde het verloop van het Programma van een **gelijkwaardigheid tussen operationele keuzen en doelstellingen.**

De **budgettaire middelen** bleken te volstaan om de teams in staat te stellen hun werk te ontwikkelen in, weze het relatief sobere omstandigheden, maar die toch volstonden om het verwezenlijken van de doelstellingen, bepaald door het Programma te verzekeren en door een strikt beleid in te voeren.

Ondanks de afwezigheid van geëigende **logistieke middelen** was het mogelijk onderzoek te volbrengen dat werk in het veld omvatte, dankzij de deelname van Belgische vorsers aan campagnes georganiseerd door Australië, BRD, Frankrijk, Japan, of het Verenigd Koninkrijk.

Het dient onderlijnd te worden dat het nooit ging om het eenvoudig ter beschikking stellen van vacatures op de bases of aan boord van buitenlandse schepen. Hierdoor betrof het waarachtige **samenwerking, gericht op gemeenschappelijke doelstellingen,** die gerealiseerd werden door Belgische en buitenlandse wetenschappers tijdens de campagnes.

Dat de onderzoektaken, zoals voorzien in het kader van het Programma in deze omstandigheden konden vervuld worden, is het resultaat van drie factoren :

(i) inspanningen verzekerd op internationaal vlak door de teams en door de DPWB op het vlak van **contacten** en **coördinatie** om tot een geïntegreerde participatie te komen van de Belgische wetenschappers in de buitenlandse campagnes;

(ii) de concordantie tussen de **onderzoekthema's** van het Programma en de internationale wetenschappelijke bekommernis;

(iii) de aantrekkingskracht die de **know how** van Belgische wetenschappers uitlokt.

Vaak ging de samenwerking verder dan het kader van de campagne en ontwikkelde ze zich in een perspectief van de middellange of lange termijn en soms ging ze zelfs tot het opzetten van een samenwerkingsstructuur zoals de groep "Geophysical Research of the Antarctic Peninsula" (GRAPE)[1].

Ook de **internationale samenwerking** kon ontwikkeld worden voor het niet aan veldwerk gebonden onderzoek door Belgische wetenschappers.

Globaal gesproken wordt het succes ervan vertaald op het vlak van **wetenschappelijke publicaties** die uit het Programma voortvloeiden, aangezien ongeveer een kwart van al deze publicaties tenminste van de hand van één buitenlands auteur is.

De actieve aanwezigheid van Belgische wetenschappers op de aardbases of de buitenlandse schepen ging gepaard met een **"toegevoegde waarde"** in die zin dat ze de meest tastbare uiting was voor de wetenschappers en verantwoordelijke personen van het buitenland van het bestaan van een nationale onderzoekinspanning voor Antarctica.

---

[1]: Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung (Bremerhaven); Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hannover); University of Bergen (Norway); Renard Centre of Marine Geology - RUG (Gent).

Wat de **verspreiding van de wetenschappelijke verworvenheden** van het Programma betreft, werd de klemtoon gelegd op de publicatie van gespecialiseerde werken die meer in het bijzonder bestemd zijn voor de internationale wetenschappelijke gemeenschap.

Informatiedocumenten over het geheel van de aspecten van het Programma werden trouwens opgesteld om specifiek in te pikken op de verspreiding bij onze partners van het Antarctisch Verdrag. Verschillende rapporten werden overgemaakt aan de organen die aan het Verdrag verbonden zijn.

De rol van Buitenlandse Zaken was beslissend in het voeren van de verspreidingsactiviteiten.

Door de resultaten die in het buitenland behaald werden in de overeenstemmende onderzoekdomeinen te vergelijken, leidden **de resultaten van de Programmateams** tot het uitwerken van een kern van coherente, originele kennis die overeenstemt met de moderne wetenschappelijke problematiek van Antarctica.

Er werd een **globaal werkingsmodel van het ecosysteem** voorgesteld dat implicaties heeft op het vlak van de doorvoering van een beleid van rationeel beheer van de levende mariene rijkdommen. Het is vooral belangrijk omdat het een kwantitatieve visie geeft op de stromingen van de materie via de belangrijkste compartimenten van de trofische keten (fyto-, bacterio- en zoöplankton) afhankelijk van de sleutelvariabelen van het milieu.

Dit model werd vervolledigd met een **ecotoxicologische benadering** - die aantoonde dat ondanks het gehalte aan stabiele verontreinigers dat in het Antarctisch milieu kleiner is dan in de gematigde zones, plankton een hogere bezoedelingsgraad kon vertonen, en met een **biogeochemische benadering** - die het mogelijk maakte de vorming van nieuwe oceaanwatermassa's in het licht te stellen.

Overigens werden **de aard en structuur van de sedimentatiebassins** beschreven door de toepassing van seismiek en er werden nieuwe modellen ontwikkeld in verband met hun tectonische, sedimentologische en paleoklimatische evolutie.

In het domein van de **glaciologie-klimatologie,** leidde het uitwerken van mathematische modellen tot een geheel van bijkomende verworvenheden : (i) een originele methode voor de precieze bepaling van de vormingssnelheid van ijs; (ii) het aantonen van het vormingsproces van katabische winden en hun rol in de vorming van diep oceaanwater; (iii) de bevestiging van de relatieve stabiliteit van de ijskap als antwoord op de klimatische variaties; (iv) de redelijk gesproken realistische simulatie van de seizoenextensie van pakijs.

Men kan dus oordelen dat het Programma kaderde in de wil van België **een bescheiden maar concrete bijdrage te leveren** tot de internationale ontwikkeling van de wetenschappelijke kennis van Antarctica.

De **"toegevoegde waarde"** aan het in België gevoerde onderzoek was van tweeërlei aard.

In de eerste plaats maakte de studie van natuurlijke systemen zoals die van Antarctica het mogelijk de aandacht te vestigen op de fenomenen, en kom men concepten ontwikkelen van waaruit het mogelijk was nieuwe wijzen te overwegen om bepaalde problemen aan te

pakken zoals die in verband met de Noordzee.

In de tweede plaats heeft het beheersen van nieuwe technieken de operationele capaciteit van bepaalde teams uitgebreid in dezelfde hoedanigheid trouwens als de contacten die met de buitenlandse wetenschappers afgesloten werden.

In beide gevallen staan nieuwe onderzoekperspectieven open voor hen wat hun inschakeling in internationale programma's bevordert. Dat is met name het geval geweest voor het EPOS-programma.

In verband hiermee kan men zeggen dat voor sommige van deze thema's over glaciologie-klimatologie, **het Programma geanticipeerd had** op het recente ontplooien van het onderzoek over de **"Global Change"**. Op Belgische schaal heeft het er bescheiden, maar op een goed ogenblik toe bijgedragen het wetenschappelijk potentieel in dit domein te ontwikkelen.

Aan de kant van onze partners van het Antarctisch Verdrag en van de internationale wetenschappelijke gemeenschap, maakten de contacten die de onderzoekteams, Buitenlandse Zaken en de DPWB onderhielden, het mogelijk vast te stellen dat de herlancering van het Belgisch onderzoek onthaald werd als een **geslaagd initiatief** en het is niet overdreven te zeggen dat het **de geloofwaardigheid van België binnen het Verdrag verstrekt heeft.**

Bovendien heeft het feit over deze nieuwe grondslag te beschikken in de praktijk een **heropleving van de activiteit van België binnen het Verdrag bevorderd,** zoals uit de evolutie van haar participatie tijdens de drie laatste consultatieve vergaderingen duidelijk bleek (1985, 1987 en 1989).

Het Programma bleek operationeel te zijn en bewijst dat het mogelijk is onderzoek te voeren op internationaal niveau met beperkte budgettaire middelen, door middel van geschikt beheer, coördinatie, en verspreiding.

De keuze van de onderzoekthema's en de teams die voor de uitvoering ervan moesten zorgen is ook beslissend gebleken in dit opzicht.

De realisatie van het Programma heeft België in staat gesteld betekenisvol, zij het bescheiden aanwezig te zijn in het domein van het onderzoek op Antarctica.

Zo heeft België haar rol van stichtend lid van het Antarctisch Verdrag volledig verzekerd.

5 BIJLAGEN

5.1 PUBLICATIES

Hieronder de wetenschappelijke publicaties die rechtstreeks uit het Programma voortvloeiden :

BILLEN G., LANCELOT C. and MATHOT S. (1988). Ecophysiology of phyto- and bacterioplankton growth in the Prydz Bay area during the austral summer 1987, Part II : Bacterioplankton activity. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 133-146.

DECLEIR H., HUYBRECHTS Ph., DE VOS L. and PATTYN F. (1989). Dynamics of the Antarctic ice cap. In : Belgian Scientific Research Programme on Antarctica, Scientific Results of Phase One (Oct/85-Jan/89). Volume III : Glaciology and climatology, S. Caschetto (Ed.), Science Policy Office, Brussels.

DECLEIR H., NISHIO F. and OHMAE H. (in press). A comparison of ice thicknesses obtained by radio echo sounding and gravimetry in the Sor Rondane, Antarctica. Proc. of the 9th Symp. on Pol. Meteorol. and Glaciol., NIPR, 8-9 December 1987, Tokyo, Japan.

DEHAIRS F. and GOEYENS L. (1988). Dissolved barium and nutrients in the Southern Ocean : their potential use as tracers for the characterization of the different watermasses. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 79-95.

DEHAIRS F. and GOEYENS L. (1989). The biogeochemistry of barium in the Southern Ocean. In : Belgian Scientific Research Programme on Antarctica. Scientific Results of Phase One (Oct/85-Jan/89). Volume II, Part A : Marine Geochemistry, S. Caschetto (Ed.), Science Policy Office, Brussels.

DEMUTH Cl. and van YPERSELE de STRIHOU J.P. (1988). Sea-ice simulations in the Weddell Sea. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 195-212.

DEMUTH Cl. and van YPERSELE J.P. (1989). Simulations of the annual sea ice cover in the Weddell Sea. In : Belgian Scientific Research Programme on Antarctica, Scientific Results of Phase One (Oct/85-Jan/89), Volume III : Glaciology and Climatology, S. Caschetto (Ed.), Science Policy Office, Brussels.

DEMUTH Cl., van YPERSELE J.P. and FICHEFET TH. (à paraître). Evolution spatio-temporelle de la glace en mer de Weddell. A paraître dans les "Ateliers de modélisation de l'atmosphère, session 3", Centre National de Recherche Météorologique, Toulouse, 1988.

DE VOS L. and DECLEIR H. (1988). Dynamics of the Antarctic ice cap, Part I : ice thickness measurements related to the damming effect of the Sor Rondane, Dronning Maud Land,

Antarctica. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 213-223.
DE VOS L. and DECLEIR H. (in press). Ice thickness profiles and subglacial relief in the central part of the Sor Rondane, Antarctica, Proc. of the 9th Symp. on Polar Meteorol. and Glaciol., NIPR, 8-9 December 1987, Tokyo, Japan.

FETTWEIS M., BERLAMONT J. and HERMANS I. (1988). 2D simulation of Weddell Sea circulation. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 177-194.

FETTWEIS M., BERLAMONT J. and YU C.S. (in press). Simulation of the currents in polar seas, 21st Int. Conf. on Coast. Engineering, 20-25 June 1988, Malaga, Spain.

FETTWEIS M., YU C.S. and BERLAMONT J. (1989). Flow simulation in the Weddell Sea. In : Belgian Scientific Research Programme on Antarctica, Scientific Results of Phase One (Oct/85-Jan/89), Volume III : Glaciology and Climatology, S. Caschetto (Ed.), Science Policy Office, Brussels.

GALLEE H., BERGER A., SCHAYES G., FICHEFET TH., MARSIAT I., TRICOT C. and VAN YPERSELE J.P. (1989). Numerical study of the air sea interactions in the Antarctic coastal zone and their implications on deep sea formation in the case of katabatic wind. In : Belgian Scientific Research Programme on Antarctica, Scientific Results of Phase One (Oct/85-Jan/89), Volume III : Glaciology and Climatology, S. Caschetto (Ed.), Science Policy Office, Brussels.

GALLEE H., SCHAYES G., TRICOT C. and BERGER A. (1988). A simulation of katabatic winds in the Antarctic coastal zone. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 241-259

GOFFART A. and HECQ J.-H. (1988). Distribution of phytoplanktonic paramaters in the Indian sector of the Southern Ocean during INDIGO III cruise. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 147-166.

GOFFART A. and HECQ J.-H. (1989). Zooplankton biochemistry and ecodynamics. In : Belgian Scientific Research Programme on Antarctica, Scientific Results of Phase One (Oct/85-Jan/89), Volume I : Plankton Ecology, S. Caschetto (Ed.), Science Policy Office, Brussels.

HENRIET J.P. and MILLER H. (1989). Some speculations regarding the nature of the Explora-Andenes escarpment. Proc. of the NATO Adv. Res. Workshop on the "Geologic History of the Polar Oceans : Arctic versus Antarctic", Bremen, October 10-14. Kluwer Acad. Pub. Group, Dordrecht.

HENRIET J.P., MILLER H., MEISSNER R., MOONS A., HUWS D., JOKAT W., KAUL N., VAN HEUVERSWYN E. and VERSTEEG W. (1989). Reflection seismic investigations in the Weddell Sea and along the Antarctic Peninsula. In : Belgian Scientific Research Programme on Antarctica, Scientific Results of Phase One (Oct/85-Jan/89), Volume II, Part B : Marine Geophysics, S. Caschetto (Ed.), Science Policy Office, Brussels.

HUYBRECHTS Ph. (1986). A three-dimensional time-dependent numerical model for Polar ice sheets : some basic testing with a stable and efficient finite-difference scheme, Geografisch Instituut, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, Internal Report 86-1, 39 pp.

HUYBRECHTS Ph. (1988). Dynamics of the Antarctic Ice Cap, Part II: Sensitivity experiments with a numerical ice sheet model with full thermo-mechanical coupling. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 225-239.

HUYBRECHTS Ph. and OERLEMANS J. (1988). Evolution of the Antarctic Ice Sheet: A numerical study on thermo-mechanical response patterns with changing climate. Annals of Glaciol., Vol.11, 52-59.

JOIRIS C. and OVERLOOP W. (1989). PCB's, organochlorine pesticides and mercury in the lower trophic levels of the Indian sector of the Antarctic marine ecosystem. In : Belgian Scientific Research Programme on Antarctica, Scientific Results of Phase One (Oct/85-Jan/89), Volume I : Plankton Ecology, S. Caschetto (Ed.), Science Policy Office, Brussels.

JOIRIS C., OVERLOOP W., FRANKIGNOULLE M. and BOUQUEGNEAU J.-M. (1988). Preliminary discussion of the results obtained in Antarctica during the austral summer 1986-1987 : plankton ecology and ecotoxicology. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 97-113.

LANCELOT C., BILLEN G. and MATHOT S. (1988). Ecophysiology of phyto-and bacterio-plankton growth in the Prydz Bay area during the austral summer 1987, Part I : Modelling phytoplankton growth. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 115-132.

LANCELOT C., BILLEN G. and MATHOT S. (1989). Ecophysiology of phyto- and bacterio-plankton growth in the Southern Ocean. In : Belgian Scientific Research Programme on Antarctica, Scientific Results of Phase One (Oct/85-Jan/89), Volume I : Plankton Ecology, S. Caschetto (Ed.), Science Policy Office, Brussels.

MEISSNER R., BIALAS J., BITTNER R., HENRIET J.P., HERBER R., VAN HEUVERSWYN E., JOKAT W., KAUL N., PARKER T., LE PAVEC J., PENEAUD Y., WEVER Th. and WOHLENBERG J. (1988). Die expedition ANTARKTIS-VI mit FS "Polarstern" 1987/1988 : Marin-geophysikalische Untersuchungen. Berichte zur Polarforschung (Reports on Polar Research), 58, 58-67.

MEISSNER R., HENRIET J.P. and the GRAPE-team (1988). Tectonic features northwest of the Antarctic Peninsula : new evidence from magnetic and seismic studies. Ser. Cient. INACH, 38, 89-105.

MILLER H., HENRIET J.-P, JOKAT W. and MOONS A.-M. (1988). High-resolution reflection seismic investigations in the Weddell Sea during the ANTARKTIS V/4 expedition : seismic results. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 65-77.

MILLER H., HENRIET J.P, KAUL N. and MOONS A. (1989). A fine scale seismic stratigraphy of the Eastern margin of the Weddell Sea. Proc. of the NATO Adv. Res. Workshop on the "Geologic History of the Polar Oceans : Arctic versus Antarctic", Bremen, October 10-14. Kluwer Acad. Pub. Group, Dordrecht.

MOELANS D. and DE BRUYN R. (1986). Stromingsmodel van het Continentaal Plat van de Noordzee. International report K.U. Leuven, 28-HY-10, Leuven, 62p.
POISSON A. et CASCHETTO S. (Eds) (1989). Les Rapports des Campagnes à la Mer: MD 53/INDIGO 3, n° 87-01, les Publications de la Mission de Recherche des Terres Australes et Antarctiques Françaises, pp.102.

SOUCHEZ R. and TISON J.-L. (1988). Freezing rate determination by the isotopic composition of the ice : implications in Antarctic studies. Proc. of the Belgian Nat. Coll. on Antar. Res., 20 October 1987, Brussels, Belgium, Science Policy Office, 167-176.

SOUCHEZ R. and TISON J.-L. (1988). Modelling the stable isotope distribution in ice formed by water freezing : implications on global changes. SCOPE Belgium, Proc. Symp. on Belgian Research on Global Change, Brussels, April 22, 1988. A. Cottenie and A. Teller (Eds.), 35-39.

SOUCHEZ R., TISON J.-L. and JOUZEL J. (1987). Freezing rate determination by the isotopic composition of the ice. Geophys. Res. Letters, Vol.14, 599-602.

SOUCHEZ R., TISON J.-L. and JOUZEL J. (1988). Deuterium concentration ang growth rate of Antarctic first-year sea ice. Geophys. Res. Letters, Vol.15, 1385-1388.

SOUCHEZ R., TISON J.-L. and LORRAIN R. (1989). Isotopic composition of ice formed by water freezing. In : Belgian Scientific Research Programme on Antarctica, Scientific Results of Phase One (Oct/85-Jan/89), Volume III : Glaciology and Climatology, S. Caschetto (Ed.), Science Policy Office, Brussels.

TISON J.-L. and HAREN J. (1989). Isotopic, chemical and crystallographic characteristics of first-year sea ice from Breid Bay (Princess Ragnhild -Antarctica). Antarctic Science 1 (3), 261-268.

YU C.S., FETTWEIS M. and BERLAMONT J. (1988). A 2D model for tidal flow computations. In : Computational Methods in Water Resources, Vol. 1, Modeling Surface and Sub-Surface Flows, Proc. VII Int. Conf. MIT, V.S.A., June 1988, Celia M.A. et.al. (Eds), Elsevier and Computational Mechanics Publication, 281-286.

YU C.S., FETTWEIS M., DE BRUYN R. and BERLAMONT J. (1988). A 2D Model for Steady and Unsteady Flows. In : Computer Methods and Water Resources, 1st int. conf. Marocco 1988, Vol. 2, Computational Hydraulics, Ouazar D., Brebbia C.A. and Barthet H. (Eds), Computational Mechanics Publication and Springer-Verlag, 403-414.

5.2 REFERENTIES

ANONYMOUS, 1988. Report of the Seventh Meeting of the Scientific Committee. SC-CAMLR VII. Hobart, pp 221.

ANONYMOUS, 1989. Waste Disposal in the Antarctic. Report of the SCAR Panel of Experts on Waste Disposal. Austral. Antar. Div./SCAR/ICSU, Kingston, pp 53.

BEHRENDT J.C., 1983. In: Petroleum and Mineral Resources of Antarctica, Behrendt J.C. (Ed.). Are There Petroleum Resources in Antarctica? US Geol. Survey Circular 909. Washington D.C., US Government Printing Office, 3-24.

BEHRENDT J.C. and MASTERS C.D., 1983. Speculations on the Petroleum Resources of Antarctica. US Geol. Survey Pol. Resear. Symp. Abstr., Geol. Survey Circular 911, 3-4.

BOURTON C.F. and GÖRLACH U., in press. In: Speciation of Metals in the Environment, Gücer S. (Ed.). The Occurrence of Heavy Metals in Antarctic and Greenland Ancient Ice and Recent Snow. Springer-Verlag.

FIFIELD R., 1987. International Research in the Antarctic. SCAR-ICSU Press, Oxford, pp 146.

GARRETT J.N., 1985. In: Antarctic Politics and Marine Resources: Critical Choices for the 1980s, Alexander L.M. and Hanson L.C. (Eds). The Economics of Antarctic Oil. Center for Ocean Management Studies, University of Rhode Island, Kingston, 185-190.

HAYES D.E., 1985. In: Antarctic Politics and Marine Resources: Critical Choices for the 1980s, Alexander L.M. and Hanson L.C. (Eds). An Overview of the Geological History of Antarctica with Regard to Mineral Resources Potential. Center for Ocean Management Studies, University of Rhode Island, Kingston, 173-184.

KNOX G.A., 1983. In: Antarctic Resources Policy, F. Orrego Vicuña (Ed.). The Living Resources of the Southern Ocean: A Scientific Overview. Cambridge Univ. Press, 21-60.

MOORHOUSE J., 1987. Report on the Economic Significance of Antarctica and the Antarctic Ocean. European Parliament Session Docs A 2-101/87, pp 19.

MUNTINGH H., 1987. Report on the Protection of the Environment and Wildlife in Antarctica. European Parliament Session Docs A 2-57/87, pp 27.

QUILTY P.G., 1985. In: Australia's Antarctic Policy Options, Harris S. (Ed.). Mineral Resources of the Australian Antarctic Territory, ANARE Resear. Notes 27, Austral. Ant. Div., Kingston, 165-203.

ROWLEY P.D., WILLIAMS P.C. and PRIDE D.E., 1983. In: Petroleum and Mineral Resources of Antarctica, Behrendt J.C. (Ed.). Mineral Occurrences in Antarctica. US Geol. Survey Circular 909. Washington D.C., US Government Printing Office, 25-49.

US BUREAU OF MINES AND US GEOLOGICAL SURVEY, 1980. Principles of a Resource/Reserve Classification for Minerals. US Geol. Survey Circular 831. Washington D.C., US Government Printing Office.

WHITICAR M.J., SUESS E. and WEHNER H., 1985. Thermogenic Hydrocarbons in Surface Sediments of the Bransfield Strait, Antarctic Peninsula. Nature, 314, 87-90.

ZUMBERGE J.H., 1979. Mineral Resources and Geopolitics in Antarctica. Amer. Scientist, 67, 68-77.

5.3 LIJST VAN ACRONIEMEN

BAS	British Antarctic Survey
BMM	Beheerseenheid Matematisch Model Noordzee en Schelde - estuarium (Volksgezondheid en Leefmilieu)
CCAMLR	Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources.
CCAS	Convention for the Conservation of Antarctic Seals.
CFK	Chloorfluor koolstof
CP	Consultatieve Partij van het Antarctisch Verdrag
CRAMRA	Convention on the Regulation of Antarctic Mineral Resource Activities.
DDE	Dichlorodiphenyldichloorethyleen
DDT	Dichlorodiphenyltrichloorethaan
DPWB	Diensten Voor Programmatie van het Wetenschapsbeleid
DSDP	Deep Sea Drilling Project.
EPOS	European Polarstern Study.
ESF	European Science Foundation.
HPLC	High Performance Liquid Chromatography.
IGY	International Geophysical Year.
JARE	Japanese Antarctic Research Expedition.
KUL	Katholieke Universiteit te Leuven.
NCP	Niet-consultatieve Partij van het Antarctisch Verdrag
PCB	Polychlorobiphenyl.
RUG	Rijksuniversiteit Gent.
SAV	Systeem van het Antarctisch Verdrag
SCAR	Scientific Committee on Antarctic Research.
UCL	Université Catholique de Louvain.
ULB	Université Libre de Bruxelles.
ULg	Université de l'Etat à Liège.
VUB	Vrije Universiteit Brussel.