

Science : 21 connection

Speciale editie

**Klimaatverandering,
een wetenschappelijke uitdaging**



inhoud



Klimaatverandering, een wetenschappelijke uitdaging

- p.2 Van onderzoeksresultaat naar een gepast beleid: een lange weg
- p.4 Achter de schermen van het IPCC
- p.6 Om het heden te begrijpen moeten we het verleden kennen
- p.9 Klimaatarchieven in de Federale Wetenschappelijke Instellingen
- p.10 Is het klimaat voorspelbaar?
- p.12 Klimaatverandering door geologen
- p.16 Energie in de kern van het klimaatbeleid
- p.22 Internationaal akkoord: verdeling van de inspanningen op 'wetenschappelijke basis'
- p.24 Performante en transparante modellen ter ondersteuning van de besluitvorming
- p.26 Eerste symptomen van een maatschappij die ziek is door de klimaatverandering...
- p.30 Is er een toekomst voor onze bossen in een veranderd klimaat?
- p.33 Klimaat en landbouw, een broos partnerschap
- p.35 Nog een gevaar voor de biodiversiteit?
- p.38 Klimaatverandering en de Noorzee
- p.41 Meer overstromingen in de toekomst?
- p.43 België werkt mee aan Unesco's strijd tegen de klimaatverandering
- p.46 De winter in de Belgische schilderkunst



Klimaatverandering door geologen

12



Is er een toekomst voor onze bossen in een veranderd klimaat?

30



Klimaatverandering en de Noorzee

38



De winter in de Belgische schilderkunst

46

Space Connection



Satellieten: onmisbaar voor het klimaatonderzoek

Het Federaal Wetenschapsbeleid en de klimaatverandering

Het Federaal Wetenschapsbeleid heeft niet op de resultaten van de Conferentie van Bali (2007) gewacht om zijn krachten te mobiliseren rond klimaatverandering. Al bijna 20 jaar helpt het expertise op te bouwen in dit domein. Zo luidden Belgische onderzoekers als eersten de alarmbel over de rol van de mens bij de opwarming van de aarde, onder meer binnen het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Van het totale budget van de opeenvolgende beleidsondersteunende onderzoeksprogramma's voor duurzame ontwikkeling die het Federaal Wetenschapsbeleid sinds midden jaren 90 uitvoert, gaat vandaag meer dan 15 % naar het bestuderen van de klimaatverandering. Deze programma's bestrijken het hele onderzoeksspectrum inzake klimaat:

- fundamenteel onderzoek dat de evolutie van het klimaatstelsel bestudeert – met de bijzonder zwaar getroffen Zuidpool als belangrijkste onderzoeksterrein –, plus ook het verband tussen het klimaat en de dynamiek van de atmosfeer;
- strategisch onderzoek dat de gevolgen van de klimaatverandering bestudeert op diverse activiteitssectoren en op kwetsbare ecosystemen, zowel in België als elders;
- ondersteunend onderzoek om strategieën te ontwikkelen om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en ons aan te passen aan de klimaatveranderingsprocessen.

Naast dit doelgerichte onderzoek rond de klimaatproblematiek werken de beleidsondersteunende programma's rond duurzame ontwikkeling ook mee aan een reeks onderzoeksprojecten, onder meer in de thematische sectoren transport

en energie. Dit als ondersteuning van de beleidsmaatregelen om het broeikas effect te verminderen.

Bovendien ontwikkelt het Federaal Wetenschapsbeleid instrumenten voor het klimaatonderzoek, via het Aardobservatieprogramma en de ontwikkeling van satellietapparatuur.

De klimaatverandering heeft gevolgen voor de biodiversiteit, de terrestrische en mariene ecosystemen, de volksgezondheid, onze algemene leefomstandigheden (verstoring van de hydrografische systemen, ...), de landbouw, ...

De meeste klimaatveranderingen worden door de mens zelf veroorzaakt en zijn dus antropisch. We hebben echter de middelen en dus ook de plicht om ze te beperken. We kunnen, dankzij onderzoek, wel degelijk op een wetenschappelijk gefundeerde manier inwerken op diverse hefboomen, zoals energie, duurzame productie- en consumptiewijzen, transportmethoden, ...

In dit themanummer willen we een overzicht schetsen van onze activiteiten in deze domeinen.



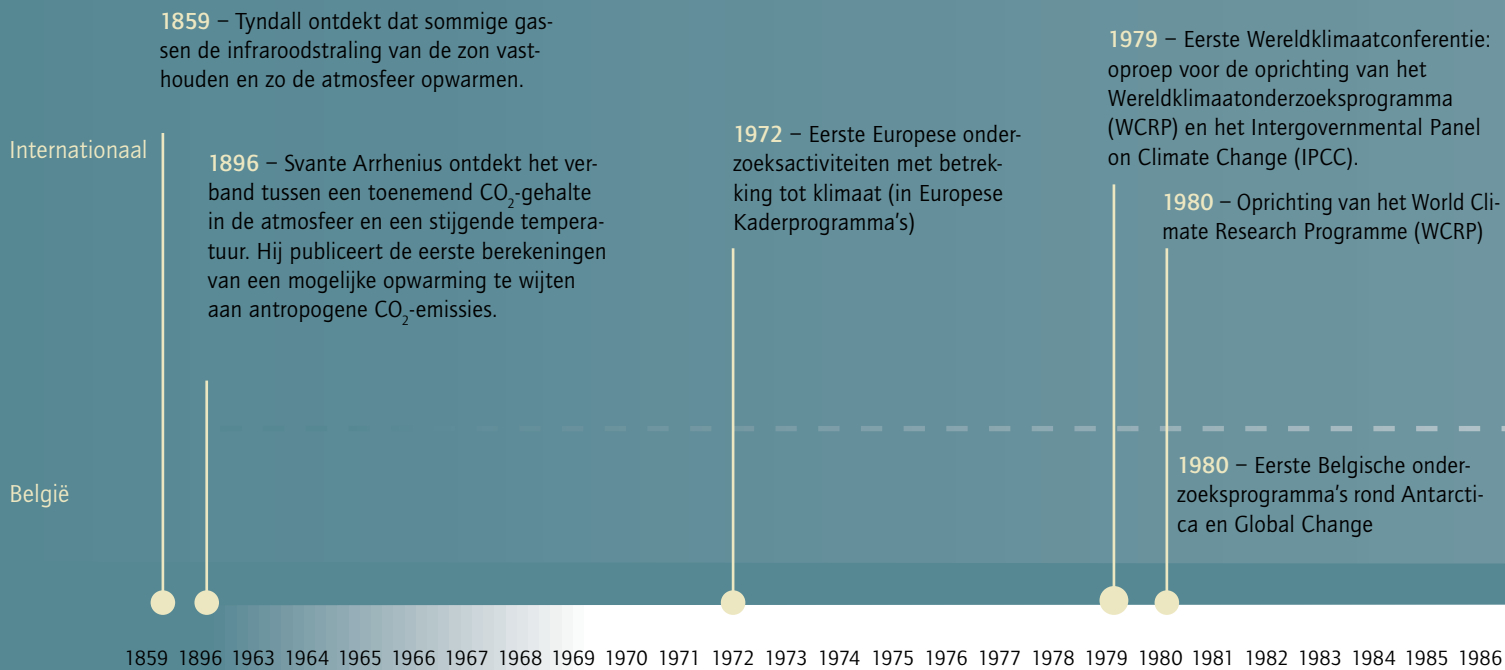
Dr. Philippe Mettens
Voorzitter van het Directiecomité



Van onderzoeksresultaat een hele

Na de allereerste ontdekkingen van de relatie tussen CO₂ en klimaat, bepalen de wetenschappelijke resultaten sinds de jaren 1980 via internationale conferenties en de publicatie van geïntegreerde wetenschappelijke rapporten, mee de inhoud van de politieke agenda's. Hieronder enkele mijlpalen in onderzoek en beleidsacties, op Belgisch en internationaal niveau.

ONDERZOEK EN OBSERVATIE

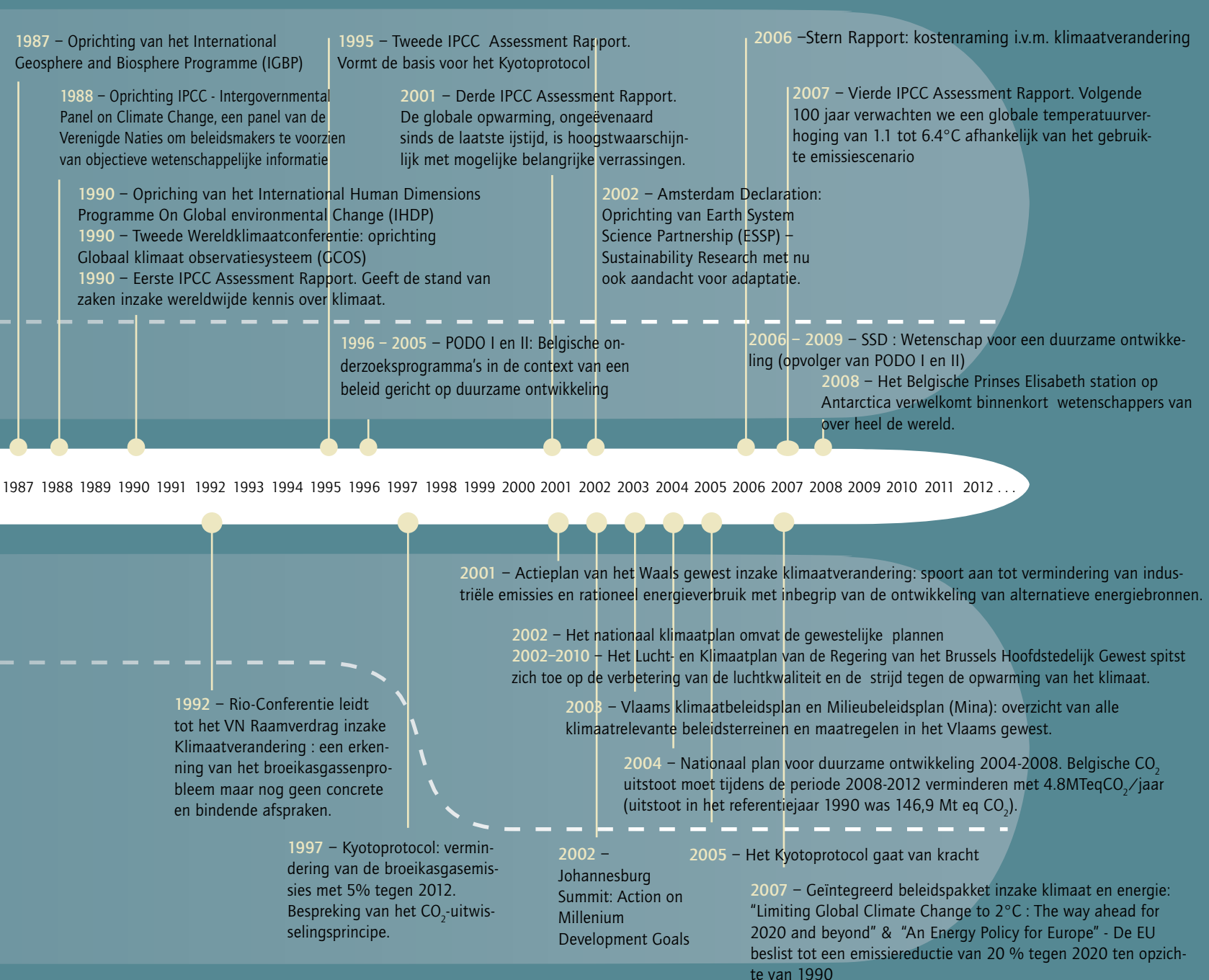


ACTIE



naar een gepast beleid: lange weg

Sophie Verheyden en Martine Vanderstraeten



Achter de schermen van het IPCC

Het IPCC is in 1988 in het leven geroepen door twee VN-organisaties, te weten de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO) en het Milieuprogramma van de Verenigde Naties (UNEP), in aansluiting op de eerste Wereldklimaatconferentie (1979). Reden van bestaan is dat klimaatverandering een complex onderwerp is en beleidsmakers over objectieve informatie moeten beschikken. De IPCC-assessmentrapporten, speciale en technische rapporten waren een belangrijke onderhandelingsbasis voor het Raamverdrag inzake Klimaatverandering, het Kyotoprotocol en de voorbereidingen voor post-Kyoto.

Hoe is het IPCC georganiseerd?

Alle landen van het UNEP of de WMO mogen deel uitmaken van het panel en zowat 200 landen maken er effectief deel van uit. Ten behoeve van het beleid voorziet het IPCC op regelmatige tijdstippen in overzichtelijke, rigoreus gedocumenteerde rapporten over recente wetenschappelijke (voor het Vierde en laatste assessmentrapport tot midden 2006), technische en sociaaleconomische kennis over het klimaatstelsel, over de oorzaken en toewijzing van klimaatverandering, de ecologische en socio-economische impact, over de projecties voor de toekomst en over adaptatie en uitstootreductieopties. Veelal krijgt het IPCC aanvragen via de Conferentie der Partijen van het Klimaatverdrag (UNFCCC) om voor bepaalde problemen wetenschappelijke en technische informatie samen te brengen, teneinde de besluitvorming zo wetenschappelijk mogelijk te onderbouwen. Het IPCC produceert naast de assessmentrapporten (2 per decennium) ook specifieke technische rapporten en methodologische richtlijnen (bijv. betreffende uitstootinventarisatie), onder andere gebaseerd op deskundigenworkshops. Het doet zelf geen onderzoek, maar rapporteert over de stand van zaken aan de hand van gepubliceerde en gepeerreviewde wetenschappelijke artikelen. Het IPCC is beleidsneutraal, biedt beleidsrelevante informatie, maar is niet beleidsprescriptief.

De plenaire vergadering komt doorgaans minstens een keer per jaar samen en beslist over: de verkiezing van de voorzitter en de bureauleden, de structuur en het mandaat van werkgroepen en Task Forces, procedures, het werkplan, financiële zaken, de doelstellingen en inhoud van de IPCC-rapporten en keurt ook de rapporten goed.

Het dagelijkse bestuur wordt waargenomen door het Bureau. Dit bestaat uit de IPCC-voorzitter en drie IPCC-vicevoorzitters; voor de drie werkgroepen telkens twee covoorzitters en zes vicevoorzitters en voor de Task Force over nationale emissie-inventarisatie twee covoorzitters en twaalf leden. Op dit ogenblik heeft het IPCC drie werkgroepen en een Task Force inzake nationale inventarisering van broeikasgasuitstoot. WG 1 behandelt de fysische basis van het klimaatstelsel, WG 2 Impact, adaptatie en kwetsbaarheid en WG 3 Matiging (*Mitigation*).

Voor elke werkgroep is er een ondersteunende cel. Het WG-bureau kiest de auteurs voor de rapporten uit o.m. een lijst van nominaties en op basis van een cv. Zowel in de samenstelling van het Bureau als in de selectie van auteurs wordt gestreefd naar een goede geografische spreiding. Prof. Jean-Pascal van Ypersele (UCL) is vicevoorzitter van WG 2. Evaluatie is een essentieel onderdeel van het IPCC-proces voor een objectieve en volledige stand van zaken. Zowel de 'expert review' (evaluatie door wetenschappelijke experts) als de 'government review' (evaluatie door vertegenwoordigers van de landen, bijv. van de ministeries/administraties bevoegd voor leefmilieu) zijn erop gericht om de wetenschappelijke en technische aspecten te amenderen en te commentariëren. Een dergelijk wijdverspreid assessmentproces omvat een bij-

Op 17 november 2007 keurde het IPCC de synthese van het Vierde assessmentrapport goed. Die synthese is een integratie van de drie eerder dit jaar verschenen rapporten. De ontwerpversie van het wetenschappelijke team werd gedurende vijf dagen besproken met de leden van het IPCC in Valencia (Spanje). Hiermee is de vierde assessmentronde afgelopen. Op de foto de Belgische delegatie, van links naar rechts, bovenaan: dr. Ben Matthews (UCL), dr. Philippe Marbaix (UCL), Andrew Ferrone, Prof. Aviel Verbruggen (UA); onderaan: Martine Vanderstraeten (Federaal Wetenschapsbeleid), Prof. Jean-Pascal van Ypersele (UCL), ir. Dominique Perrin (FOD Leefmilieu).



drage van onafhankelijke experts over de hele wereld en vanuit diverse disciplines. Ook uiteenlopende meningen kunnen in het rapport aan bod komen.

Producten van het IPCC

De samenvatting voor de beleidsmakers wordt door het Panel gecontroleerd op de heldere wijze van uitdrukking, consistentie en beleidsrelevantie, zodat de eindtekst door alle aanwezigen op dezelfde manier wordt begrepen en nadien regel per regel wordt goedgekeurd door de leden van het IPCC en mits akkoord van de auteurs. Bij meningsverschillen over bepaalde gegevens, bevindingen, verwoordingen, e.d. wordt teruggegrepen naar de onderliggende rapporten en wordt overleg gepleegd met de auteurs van de samenvatting. Het onderliggende uitgebreide rapport wordt nadien aanvaard. Het syntheserapport wordt paragraaf per paragraaf goedgekeurd.

Dit goedkeuringsproces verloopt zeer traag over verschillende dagen en nachten. Voor de regels waar er zich uitgesproken problemen voordoen worden contactgroepen opgericht die tussen de plénaires door een oplossing moeten uitdokteren.

Het laatste IPCC-rapport is eerder conservatief, wetende dat er heel wat tijd kan liggen tussen het behalen van relevante onderzoeksresultaten en de publicatie ervan na een *peer review* wegens de strikte kwaliteitscontrole. Recentere publicaties (van na medio 2006) werden niet meer verwerkt. Met de huidige beschikbare wetenschappelijke kennis zou het rapport nog sterker uit de hoek kunnen komen. Anderzijds is het rapport uniek en krachtig omdat het ook gedragen wordt door alle landen van de VN, wat de onderhandelingen van de Conferentie der Partijen van het Klimaatverdrag vergemakkelijkt.

Het IPCC en 'Vrede'

Het IPCC deelt met Al Gore de Nobelprijs voor de Vrede. Maar wat is de link tussen het IPCC en vrede? Bij conflicten kunnen naast politieke, sociale of etnische problemen ook de verminderde beschikbaarheid van natuurlijke hulpbronnen een probleem zijn, wat een gevolg kan zijn van de klimaatwijziging. Zo kunnen de afname van weiland en landbouwgrond, neerslag met hongersnood voor gevolg alsook het schaarser worden van drinkbaar water met migraties voor gevolg aanleiding geven tot spanningen en conflicten. Veelal zijn de klimaatverandering en de gevolgen ervan niet de enige oorzaak van mogelijke conflicten, maar zij kunnen een breekpunt zijn. Het IPCC verzamelt de wetenschappelijke kennis waarmee kwetsbare gebieden kunnen worden geïdentificeerd waardoor snel de nodige maatregelen kunnen worden getroffen.

Het IPCC en het onderzoek

Hoewel het IPCC een wetenschappelijke organisatie is voert het zelf geen onderzoek uit. De rapporten geven wel aanbe-



Prof. Jean-Pascal van Ypersele (UCL) is vice-voorzitter van WG 2 Impact, adaptatie en kwetsbaarheid.

velingen betreffende onderzoeksbehoeften. De organisatie en de wereldwijde coördinatie van het onderzoek is in handen van andere organisaties zoals het *World Climate Research Programme*, het *International Geosphere and Biosphere Programme*, het *International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change* en sinds 2002 het *Earth System Science Programme*. Ook buiten het kader van die programma's vindt er onderzoek plaats dat beoordeeld en geïntegreerd wordt door het IPCC, waaronder het onderzoek dat georganiseerd is door de Europese Commissie, de European Science Foundation of door individuele landen.

Het IPCC en het Federaal Wetenschapsbeleid

Daar het Federaal Wetenschapsbeleid sinds midden jaren '80 het klimaatonderzoek financiert, beschikken wij over een aantal uitstekende experts terzake die deelnemen aan de activiteiten van het IPCC als lid van het bureau en van de Belgische delegatie, als expert in workshops, als samensteller van de verklarende woordenlijst, als auteur of als reviewer van onderdelen van de grote assessmentrapporten of van kortere speciale of technische rapporten.

Sommige resultaten van het onderzoek dat door het Federaal Wetenschapsbeleid wordt gefinancierd maken integraal deel uit van het IPCC-rapport. Voorbeelden daarvan zijn de ontwikkeling van het klimaat gedurende het holoceen en gedurende de laatste 1000 jaar, de evaluatie van numerieke klimaatmodellen en projecties van klimaatveranderingen op lange termijn, de weerslag van klimaatveranderingen op de zeespiegel en de koolstofcyclus, de aanwending van massabalansmodellen voor de projecties van de bijdrage van de polaire ijskappen tot de stijging van het zeeniveau in de 21ste eeuw, de weerslag van de klimaatverandering en andere stressoren op ecosystemen.

Martine Vanderstraeten



De samenvattingen voor beleidsmakers, speciale rapporten en de cd-rom zijn gratis, het uitgebreide rapport is te koop: www.IPCC.ch

Om het heden te begrijpen, moeten we het verleden kennen

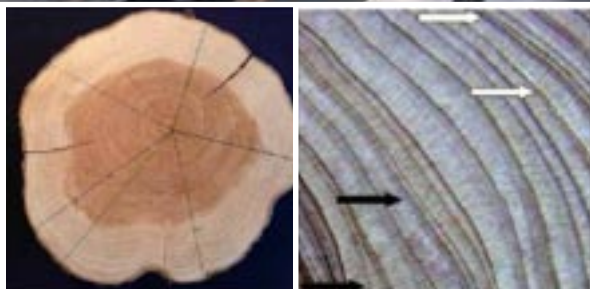
Klimaatverandering is van alle tijden. Op aarde hebben in het verleden snelle en drastische klimaatveranderingen plaatsgevonden, van ijstijden tot broeikasituaties en terug, in periodes van miljoenen jaren tot enkele decennia.

Maar er is één groot verschil met eerdere klimaatveranderingen en dat is de weerslag van menselijke activiteiten. Om te bepalen of de recente globale opwarming vanaf de 20ste eeuw uitzonderlijk is en om de antropogene bijdrage eraan te kunnen kwantificeren, moeten klimatologen een zo nauwkeurig mogelijk langetermijnbeeld krijgen van de natuurlijke variatie van het klimaat - zonder de invloed van de mens.

IJskernboring
© JL Tison



Boomring



Vandaag zijn er talrijke instrumenten beschikbaar om de temperatuur, de neerslag, de luchtdruk, wind en samenstelling van de atmosfeer te meten. Systematische metingen en instrumentele waarnemingen bestaan echter alleen over de laatste 100 tot 150 jaar en bieden dus een onvolledig beeld van klimaatveranderingen in het verleden.

Paleoklimatologie

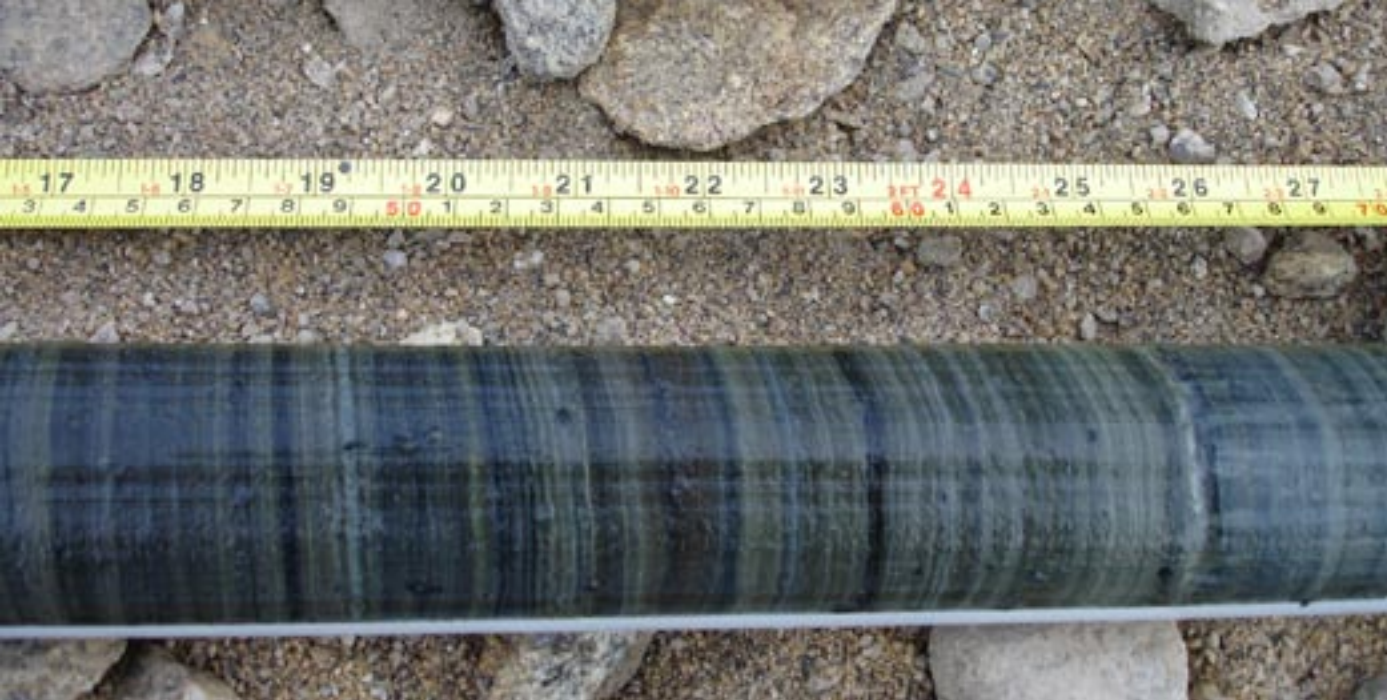
Geografen, geologen, biologen en glaciologen ontdekken sinds een jaar of tien dat ijskernen, sliblaagjes in oceanen en meren, stuifmeelresten van planten, jaarringen in bomen en schelpen, afzetzlaagjes in stalagmieten, groeiringen in tweekleppigen, in koralen... een serie verhalen over het klimaat vertellen, die op complexe wijze samenhangen.

Deze studie van "natuurlijke klimaatafhankelijke archieven", cruciaal voor de reconstructie van het klimaat en klimaatveranderingen vóór de periode van instrumentale metingen, wordt paleoklimatologie genoemd.

Proxies: van waarneming tot interpretatie

De reconstructies van paleoklimaten gebeurt op een indirecte manier, aan de hand van analyses van de verschillende eigenschappen van deze natuurlijke archiefbronnen. Deze eigenschappen of variabelen – proxies genaamd - correct interpreteren is echter geen gemakkelijke taak. Er moet een verband worden gevonden tussen deze proxies enerzijds (bijv. chemische en isotopensamenstelling van sedimenten of luchtbellen in ijs, soort en aantallen (gefossiliseerde) fauna en flora, breedte en dichtheid van ringen en afzettingen, lagenstructuur, ...) en klimaatvariabelen anderzijds (temperatuur, neerslag, zoutgehalte, ijskapvolume, waterdiepte, relatief zeeniveau, vochtigheidsbalans, ...).

Zo heeft de sneeuw zich sinds vele duizenden jaren in de ijskappen opgestapeld. Wetenschappers boren honderden meters diep in die ijslagen en kunnen aan de hand van de analyse van de geboorde ijskernen informatie over het toen heersende klimaat en de samenstelling van de atmosfeer verkrijgen.



Boorkern uit een
Antarctisch kustmeer.
Elk laagje stemt overeen
met een groeiseizoen.
© W. Vyverman.

Ook uit sedimentafzettingen kan veel worden geleerd. Aan de hand van de mineralen in de sedimenten kunnen erosie-, neerslag- en temperatuurschema's worden afgeleid. Op basis van biologisch materiaal, zoals pollen, diatomeeën, fossielen, ... , verkrijgt men informatie over de vegetatie en fauna die toen in een bepaald gebied aanwezig was. Daaruit worden conclusies getrokken over de aan- of afwezigheid van de zee en diverse klimaatfactoren, zoals temperatuur, vochtigheidsgraad en wind.

De tweede helft van de 20ste eeuw kende een enorme toename in onderzoek naar fysische en chemische klimaatproxies. Vooral het stabiele isotopenonderzoek op foraminiferen (ééncelligen met een kalkskelet) uit diepzeeboringen en isotopenonderzoek van ijskernen uit Groenland en Antarctica hebben sterk bijgedragen tot de kennis van de klimaatontwikkeling van de laatste honderdduizenden jaren.

Door klimaatproxies uit de historische periode te vergelijken met instrumentele meetgegevens van temperatuur en andere weergegevens kunnen deze proxies gevalideerd worden, dat wil zeggen dat de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de archiefgegevens kunnen getest worden met behulp van objectieve meetgegevens.

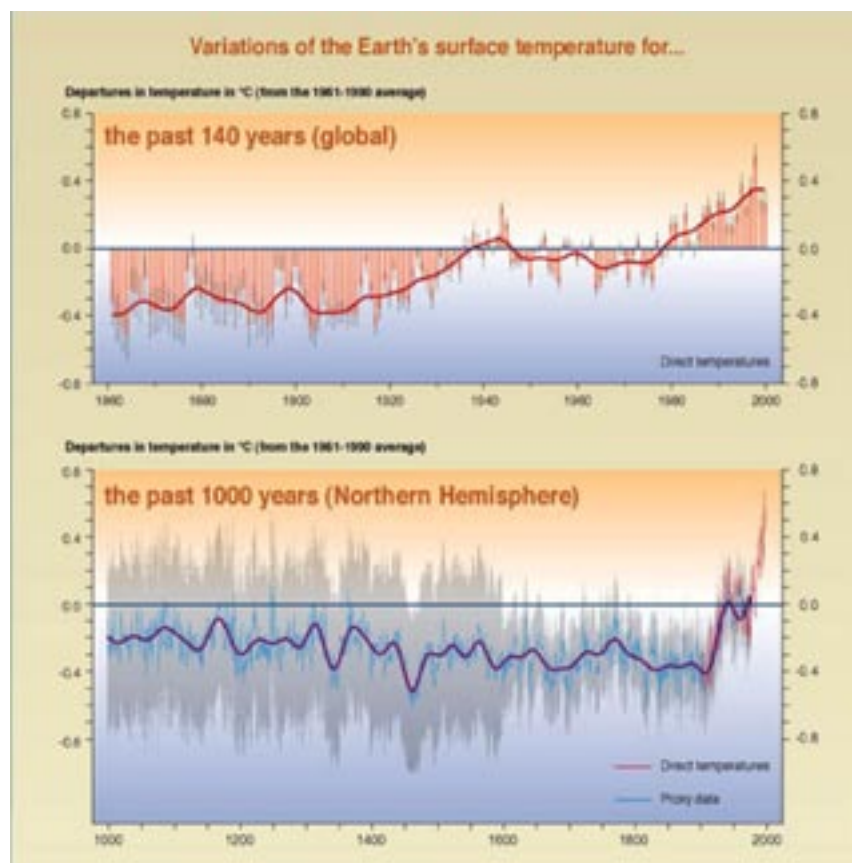
Naar de toekomst

Paleoklimatologie heeft zowel historische als toegepaste onderzoeksdoelstellingen. Enerzijds laat het ons toe de evolutie van de atmosfeer, de oceanen, de biosfeer en cryosfeer te schetsen. Daarenboven helpt het ons de eigenschappen van het klimaat, alsook de drijvende krachten achter de klimaatverandering en de gevoeligheid van het klimaatstelsel ten opzichte van deze krachten, te kwantificeren. Paleoklimaatreconstructies worden ook gebruikt voor de validatie van computermodellen die het klimaat simuleren. De mogelijkheid om klimaatveranderingen in het verleden correct te simuleren sterkt ons vertrouwen in de conclusies die worden getrokken uit simulaties van het klimaat in de toekomst.

Binnen de onderzoeksprogramma's van het Federaal Wetenschapsbeleid over de laatste 20 jaar spitst de paleoklimatologie zich voornamelijk toe op onderzoek van ijskernen, meersedimenten en kalkskeletten van mariene organismen.

Maaïke Vancauwenberghe

Temperatuurvariaties
in de tijd.





© W. Vijverman **EPICA** - "European Project for Ice Coring in Antarctica" (1996-2006)

Archief: ijskernen

Proxies: chemische en isotopensamenstelling van de lucht omvat in luchtbelletjes in het ijs.

Afgeleide klimaatindicatoren: temperatuur, neerslag, sneeuw/ijsaccumulatie, atmosferische samenstelling (zoals CO₂, CH₄)

Reconstructieperiode: meer dan 800.000 jaar

Website: www.esf.org/activities/research-networking-programmes/life-earth-and-environmental-sciences-lesc/
(ga naar "completed research" onderaan)

Een Caraïbische sclerosponz, *Ceratoporella nicholsoni*, met massief kalkskelet.
© Ph. Willenz



ENSO - CHILI - ENSO-variabiliteit in zuidelijk Chili in het Holoceen (2000-2005)

Archief: meersedimentkernen

Proxies: fysische eigenschappen, sedimentstructuur, mineralogie, datering, tefrochronologie (tefra = vulkanische as) en pollenonderzoek.

Afgeleide klimaatindicatoren: temperatuur en neerslag

Reconstructieperiode: de laatste 10.000 jaar

LAQUAN/HOLANT - klimaatvariabiliteit en ecosysteemveranderingen in de Antarctische kustzone (2001-2010)

Archief: meersedimenten

Proxies: biologische (aantal en soort diatomeeën, fossiele pigmenten, microfossielen, fossiel DNA) en sedimentologische klimaatindicatoren, lokale continentale ijsdikte

Afgeleide klimaatindicatoren: temperatuur, zoutgehalte, waterdiepte en vochtigheidsbalans van de meren, relatief zeeniveau, regionaal ijskapvolume

Reconstructieperiode: laat Kwartair/Holoceen (de laatste 120.000 - 10.000 jaar)

Website: www.holant.ugent.be/

CLANIMAE - Klimaat- en antropogene impact op Afrikaanse ecosystemen (2007-2011)

Archief: meersedimenten

Proxies: aantal en soorten fossiele diatomeeën en waterplanten, siliciumisotopenchemie in diatomeeënskeletten, schimmelsporen geassocieerd met uitwerpselen van runderen en schapen, fossiele pollen

Afgeleide indicatoren: waterbalans en waterkwaliteit van de meren, aquatische primaire productie, historische exploitatie van de meren door pastoralisten, vegetatietype

Reconstructieperiode: de laatste 2500 jaar

CALMARS - Mariene biogene carbonaten (2001-2009)

Archief: carbonaatskeletten van (i) tweekleppigen (mosselen, venusschelpen, sint-jakobsschelpen); (ii) echinodermen (zeesterren, zeeëgels); en (iii) sclerospongiae (tropische sponsen met een hard kalkskelet).

Proxies: stabiele isotopen, sporenelementen, groeisnelheid.

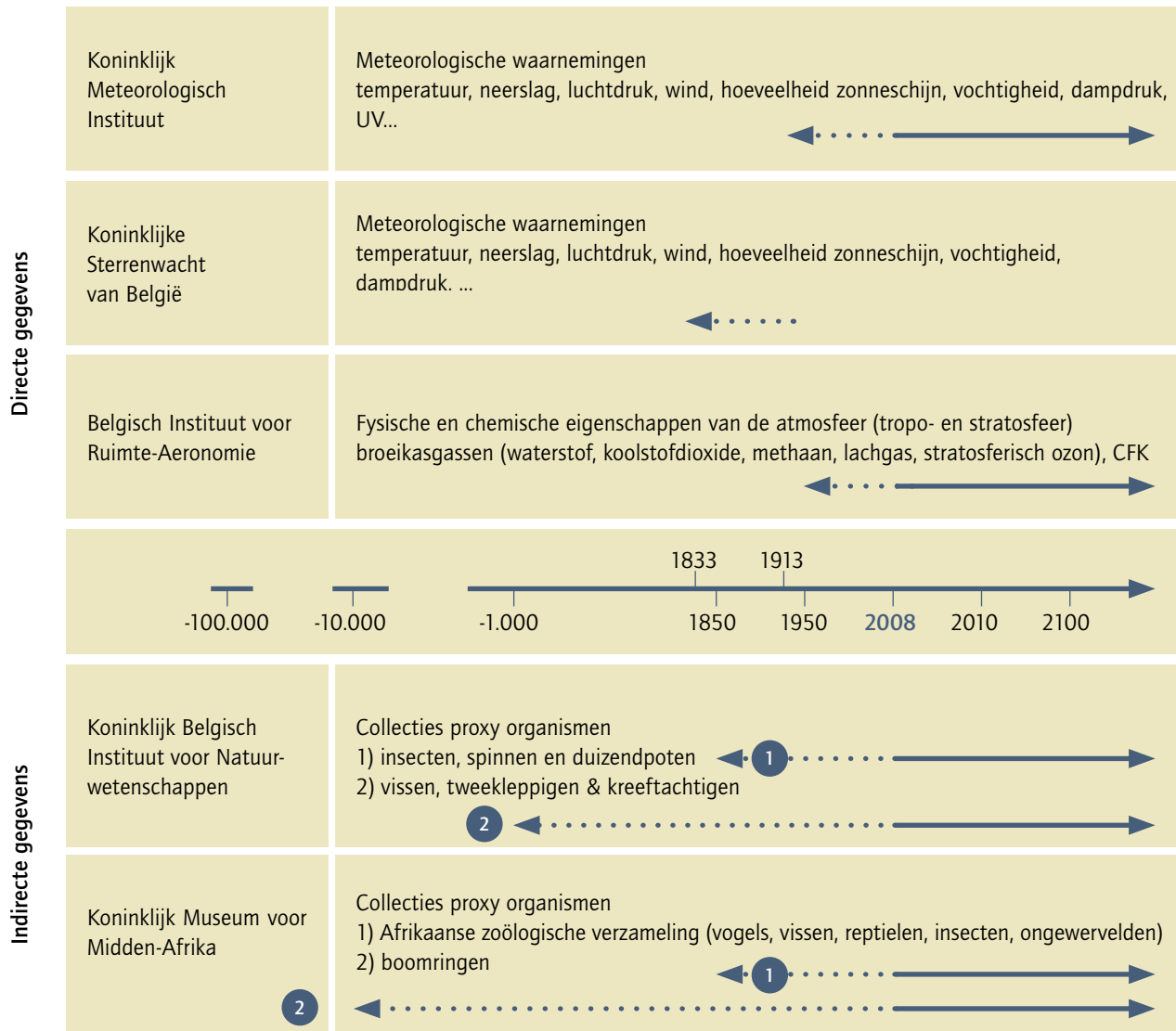
Afgeleide klimaatindicatoren: zoutgehalte en temperatuur, oceanische productiviteit en zuurtegraad

Reconstructieperiode: laatste 1000 jaar

Website: www.vub.ac.be/calmar/index.html

Klimatearchieven in de Federale Wetenschappelijke Instellingen (FWI)

Vijf Belgische FWI's bezitten klimaatgerelateerde data en archieven voor paleoklimatologisch onderzoek.



De klimatearchiefdatab en expertise van de FWI's voeden en valideren mathematische modellen voor projecties van klimaatveranderingen op globale, regionale en lokale schaal (e.g. waarschuwingdiensten aan de bevolking m.b.t. luchtkwaliteit, hittegolven, overstromingen, ...).

Is het klimaat voorspelbaar?

Het klimaatsysteem is een complex systeem en is opgebouwd uit vijf grote compartimenten: de atmosfeer, de hydrosfeer, de cryosfeer, de biosfeer en de geosfeer. Het klimaatsysteem evolueert in de loop der tijden onder de invloed van zijn eigen interne dynamiek en als gevolg van vulkaanuitbarstingen, variabiliteit van de zonneactiviteit, verschuivingen in de aardbaan en de platentektoniek. Sinds het midden van de 18de eeuw (industriële revolutie) zijn menselijke activiteiten zoals de toename van het verbranden van fossiele brandstoffen, veeteelt en industriële processen via de uitstoot van broeikasgassen en veranderingen van het landgebruik zoals ontbossing, een bijkomende belangrijke factor in de waargenomen opwarming van onze aarde.

Het klimaat voor de toekomst voorspellen is geen sinecure. Om scenario's voor toekomstige klimaatveranderingen te ontwikkelen en om de weerslag te testen van beleidsopties heeft men globale en regionale klimaatmodellen nodig. Onzekerheden in de toekomstige antropogene uitstoot van zowel broeikasgassen als aerosolen en beperkingen in de kennis van processen en terugkoppelingsmechanismen die het klimaat beïnvloeden, maken dat de projecties ('voorspellingen') verschillen van model tot model. Een nauwkeurigere bepaling van de onzekerheid in de modelberekeningen wordt bekomen door de resultaten van verschillende modellen met elkaar te vergelijken. Ten slotte is ook veel afhankelijk van de beschikbaarheid van voldoende meetgegevens in tijd en ruimte.

Het Federaal Wetenschapsbeleid financiert zowel projecten die leiden tot een betere kennis van het klimaatsysteem en de processen die het beïnvloeden als de ontwikkeling van klimaatmodellen.

Een model van het systeem aarde

Het ASTER-project beoogt de verdere ontwikkeling van een 'Earth System Model': het LOVECLIM. Om tot een standaard ASTER-model te komen brengt elke partner (UCL, VUB en ULg) modelverbeteringen aan, uitgaande van zijn eigen expertise: klimaatmodellering toegespitst op ijs-klimaatinteracties, de evolutie van het klimaat over de laatste mil-

lennia, numerieke gletsjer- en ijskapmodellen en het modelleren van de biochemische cycli in de oceaan.

Dit ASTER-model zal aan de hand van realistische uitstootscenario's die onder meer rekening houden met de economische ontwikkeling, de technologische evolutie en de bevolkingsgroei, de beleidsmakers voorzien van een aantal plausibele klimaat- en zeeniveauscenario's voor de komende drie millennia. Het model zal ook in staat moeten zijn de klimaatveranderingen in het verleden te modelleren en zo een betere kennis van de paleoklimatologie op te bouwen. De modelresultaten zijn nuttig voor onderzoeksgroepen die de impact van klimaatveranderingen bestuderen op ondermeer de landbouwproductiviteit, de hydrologische balans van stroomgebieden alsook gezondheidseffecten en sociaaleconomische aspecten van klimaatverandering.

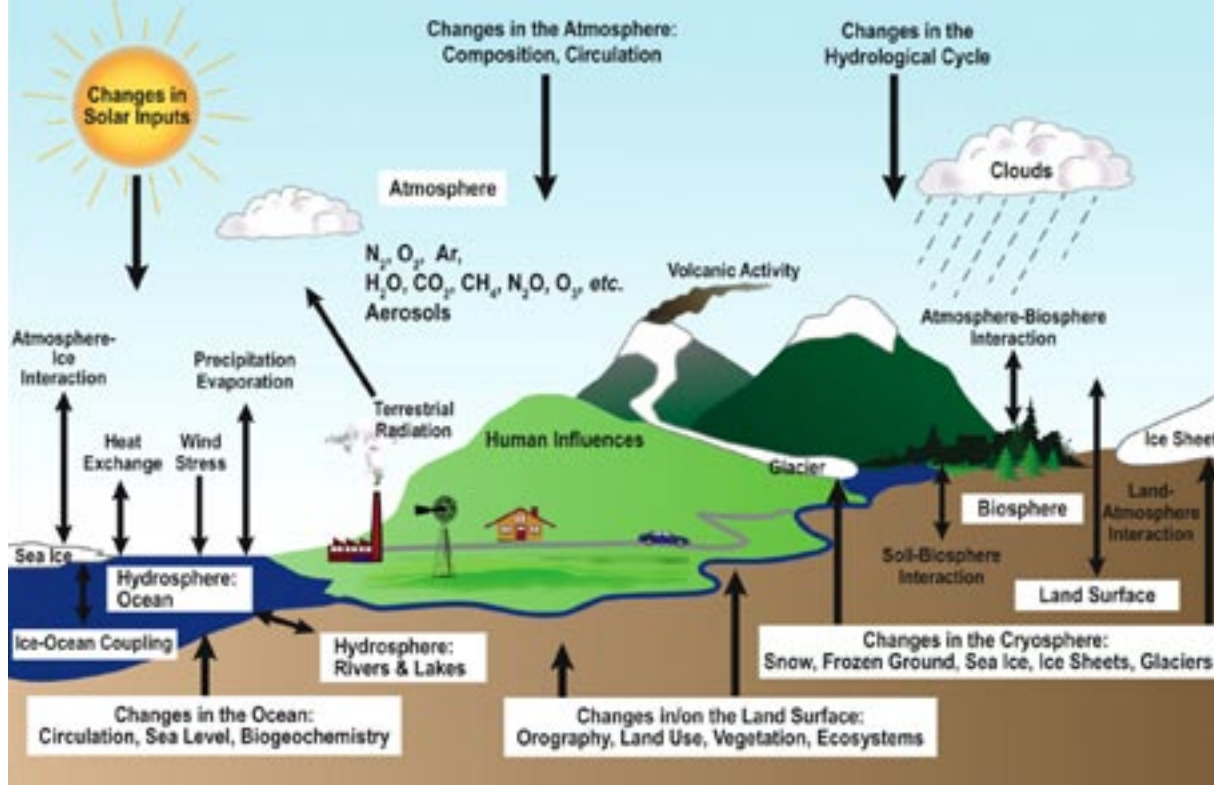
De rol van de Antarctische ijskap

Recente waarnemingen van de zeespiegel en de dynamiek van de Antarctische ijskap suggereren dat de geprojecteerde zeespiegelstijging in het vierde IPCC-rapport vermoedelijk onderschat is. Reden hiervoor is dat gebruikte modellen, bij gebrek aan voldoende kennis, geen rekening hielden met de dynamische ijsvloei.

Het ASPI-project draagt bij tot de verwerving van inzicht in deze dynamische processen. Het bestudeert de stabiliteit van subglaciale meren, analyseert ijskernen in diepe ijsboringen en ontwikkelt ijskapmodellen.

De rol van de biogeochemische cycli in de oceanen

De oceanen bedekken twee derden van de oppervlakte van de aarde en spelen een belangrijke rol in de globale koolstofcyclus. Ze absorberen meer dan één derde van het antropogene CO₂. De opname van het overtollig CO₂ in de atmosfeer



Overzicht van de componenten van het klimaatsysteem © IPCC

verstoort niet alleen de mariene koolstofcyclus en ecosystemen, maar leidt eveneens tot verzuring van het zeewater. Dit proces heeft nefaste effecten op mariene organismen en uiteindelijk op het wereldklimaat en het leven op aarde.

Men dacht dat oceanen meer CO₂ uit de lucht zouden halen naarmate de CO₂-concentratie in de atmosfeer toeneemt, maar dit blijkt niet het geval. Een beter inzicht in de biogeochemische processen die zich voordoen in de oceaan en een kwantificering ervan zijn dan ook onontbeerlijk om meer accurate modellen over de koolstofcyclus uit te werken.

Het PEACE-project bestudeert de rol van een belangrijke groep van mariene minuscule eencellige algen met kalkskelet (de zogenaamde coccolithoforen) in de klimaatregulatie en de gevolgen van de oceaanverzuring voor deze organismen. Met de effecten van de neerslag van deze kalkvormende organismen en de oplossing van hun skeletjes werd tot op heden niet echt rekening gehouden in de modellen, hoewel deze een beduidende invloed hebben op het vermogen van het zeewater om koolstof uit de atmosfeer te halen (*sink*).

De Zuidelijke Oceaan is een van de weinige plaatsen waar de oceaanstroming door de koude en het hoge zoutgehalte snel naar de oceaانبodem duikt en zo de 'transportband' (ook Golfstroom of thermohaliene circulatie genoemd) aandrijft. Dit proces zorgt ervoor dat deze oceaan werkelijk het CO₂ uit de lucht pompt en heel diep brengt. Zonder dit proces, in dit unieke gebied op aarde, zou de concentratie van CO₂ in de atmosfeer nog sneller toenemen. De 'transportband' is van groot belang voor de verdeling van warmte over de aarde en het leven in zee. Vertragingen in de transportband kunnen leiden tot klimaatveranderingen en het verminderen van de primaire productie en dus ook van het leven in zee.

Het BELCANTO-project beoogt de opbouw en de validatie van een realistisch driedimensionaal ijs-oceaan biogeochemisch model van de Zuidelijke Oceaan. Het model laat toe de rol van de Zuidelijke Oceaan als bron of *sink* van atmosferisch CO₂ juist in te schatten. Bovendien laat het ook

toe de gevolgen van een verhoogd CO₂ gehalte voor de biogeochemische cycli na te gaan en een betere voorspelling door te voeren van de evolutie van de Zuidelijke Oceaan als gevolg van de CO₂-toename, de toenemende verzuring en wijzigingen in de stromingen.

De rol van de atmosfeer

Ook wat de kennis van de atmosfeer betreft zijn er nog een aantal onduidelijkheden. Het AGACC-project zal huidige en vroegere waarnemingen benutten om een aantal chemische veranderingen in de atmosfeer te bestuderen die invloed uitoefenen op het klimaat of op de luchtkwaliteit. Het zal bijdragen tot het oplossen van aanverwante actuele vragen, zoals: kan men een verandering waarnemen in de verdeling van waterdamp in de atmosfeer? Wat bepaalt de evolutie van methaan? Hoe zit het met de aerosolen boven Ukkel en wat is hun invloed op het klimaat? De waarnemingen dienen o.m. ook om satellietdata te valideren.

Biogene vluchtige organische stoffen (BVOS) (bijv. emissies van dennenbomen) spelen een belangrijke rol in de atmosferische chemie en geven aanleiding tot secundaire aerosolen, die effecten hebben op het klimaat en de gezondheid van de mens. Het IBOOT-project beoogt het beter begrijpen en kwantificeren van de impact van BVOS op de luchtkwaliteit en op het klimaatsysteem (middels aerosolen, ozon en methaan). Het BIOSOL onderzoekt in het bijzonder de vorming van de aerosolen uit BVOS alsook hun chemische samenstelling.

Martine Vanderstraeten



- ASTER: www.climate.be/ASTER
- ASPI: homepages.ulb.ac.be/~fpattyn/aspi/
- PEACE: www.co2.ulg.ac.be/peace
- BELCANTO: www.co2.ulg.ac.be/belcanto
- AGACC: www.oma.be/AGACC/Home.html

Klimaatverandering door geologen

Rond 1830 breidde de industriële revolutie zich van Groot-Brittannië uit naar het vasteland en Noord-Amerika. Ook het kersverse België begon zo aan het stoomtijdperk, waardoor de Westerse productie werd opgedreven tot daarvoor ongekennde hoogten. Pas vele decennia later zouden alle lagen van de bevolking de vruchten beginnen te plukken van deze toename in welvaart. Het effect van de industriële revolutie is tot op vandaag de dag nog erg duidelijk. Kijk bijvoorbeeld naar de welstand in het rijke Westen, een toonbeeld van economische ontwikkeling, en het grote contrast met het arme Zuiden, waar de industriële omwenteling nog steeds niet is doorgedrongen.

Brandstof voor de revolutie

De economie schakelde rond 1830 dus een versnelling hoger, waarbij de nodige brandstof werd geleverd door steenkool. De stoommachines, in 1777 grondig verbeterd door James Watt, werkten immers op steenkool. Die extra behoefte werd echter helemaal goedge maakt omdat ze eveneens de grootschalige exploitatie van steenkool tot op grote dieptes mogelijk maakten. In België werden mijnen tot meer dan 1000 meter diep gedolven.

Aardolie en aardgas, twee andere fossiele brandstoffen, verwierven vanaf 1950 een steeds belangrijker aandeel in de energievoorziening. Aardolie is bijvoorbeeld niet meer weg te denken als brandstof voor personenwagens, openbaar vervoer en vrachtvervoer op land of over water. België beschikt, in tegenstelling tot bijna al onze buurlanden, niet over eigen olie- of gasreserves. Wat wel gebeurt, is aardgas tijdelijk injecteren tijdens de zomermaanden, om het in de winter wanneer de vraag groot is weer op te pompen. Zo hebben we toch ons eigen kleine gasveldje onder de gemeente Loenhout.

In elk geval is onze westerse welvaart sterk afhankelijk van een goeddraaiende economie, en die economie draait grotendeels op fossiele energie. Een goede reden voor geologen om trots te zijn op de rol die ze speelden en blijven spelen in het lokaliseren en ontginnen van de steenkool-, olie- en gasrijkdommen van onze planeet.

Kleine lettertjes van het contract

De medaille heeft echter ook een keerzijde, en die heet klimaatverandering. Fossiele brandstoffen vormen een grote koolstofreserve die in de loop van de geologische geschiedenis aan de atmosfeer werd onttrokken. Door deze brandstoffen nu op te gebruiken, brengen we de koolstof onder de vorm van het verbrandingsgas CO_2 terug in de atmosfeer. Reeds in 1896 opperde de Zweedse onderzoeker Svante Arrhenius dat de aarde hierdoor zou kunnen opwarmen, maar meer dan 70 jaar lang werd deze stelling weggewuifd. Het was immers ondenkbaar dat menselijke activiteit de wereldwijde natuurlijke systemen zou kunnen beïnvloeden. Een pijnlijke denkfout.

Het broeikaseffect is eveneens een smet op het blazoen van geologen. Door de wereld toegang te verschaffen tot fossiele brandstoffen, wordt ook het CO_2 uit zijn ketenen verlost. Hiermee leggen we een hypotheek op onze toekomst, want een wereldwijde en vooral snelle opwarming van het klimaat lijkt overwegend negatieve gevolgen te hebben.

Bovendien zijn we voor onze welvaart bijna volledig afhankelijk geworden van fossiele brandstoffen. De effecten van prijsstijgingen op de internationale oliemarkt bijvoorbeeld, zijn vrijwel onmiddellijk voelbaar tot in de huiskamer, zeker waar de thermostaat een graadje lager moet. Stel je voor dat brandstof gerantsoeneerd zou worden om de uitstoot van CO_2 te beperken. Zulke drastische oplossingen zouden enorm verstrekkende gevolgen hebben voor alle lagen van de bevolking.

Dit neemt niet weg dat we efficiënter met energie kunnen en moeten omspringen. In de Verenigde Staten is de CO_2 -uitstoot per inwoner meer dan tweemaal zo hoog als in Europa, wat duidelijk toont dat zij heel wat ruimte voor verbetering hebben. Binnen Europa is België echter één van de koplopers met jaarlijks ongeveer 11,5 ton CO_2 per inwoner, wat drie ton meer is dan het Europese gemiddelde. Dit verschil is gedeeltelijk te wijten aan onze energie intensieve industrie, die we anderzijds natuurlijk broodnodig hebben.

Naast efficiënter omspringen met energie, moeten we ook overschakelen naar CO_2 -arme energiebronnen. Goede voorbeelden zijn de hernieuwbare energiebronnen zoals windkracht, waterkracht, zonne-energie en geothermie. Ook kernenergie komt in aanmerking, al is daar heel wat meer controversie rond. De uitdaging is echter enorm. Wereldwijd blijft de vraag naar primaire energie groeien, mede door nieuwe groeipolen zoals China en India, terwijl tegelijkertijd de CO_2 -uitstoot zeer drastisch omlaag moet. Met wereldwijde inspanningen zullen we een CO_2 -vrije samenleving ten vroegste pas kunnen realiseren rond 2050, maar tegen dan is het klimaat mogelijk al onherroepelijk gewijzigd.



Kunnen geologen dan nog trots zijn op hun cruciale rol in de geschiedenis, als (zo) een doemscenario onafwendbaar lijkt? Scherp gesteld hebben ze wel de mogelijkheid geboden om de ongebreidelde rijkdommen van de aarde aan te snijden, maar zonder de kleine lettertjes te lezen.

Sluit de kring

Mogelijk zijn het louter hun beroepseer en trots waardoor geologen zich niet bij deze harde analyse neerleggen. Mogelijk is het ook omdat ze elke onverwachte grill van de aarde zien als een nieuwe uitdaging, als een vertrekpunt voor nieuwe mogelijkheden. Feit is in elk geval dat geologen een oplossing willen bieden die belangrijke ademruimte geeft in de strijd tegen de klimaatverandering.

Wat geologen voorstellen is om de kring te sluiten. Nu brengen we koolstof onder de vorm van steenkool, olie of aardgas naar de oppervlakte en gebruiken de energie die daarin opgesloten ligt. In plaats van daarna het koolstofdioxide in de atmosfeer te laten ontsnappen, kan een extra stap worden toegevoegd, namelijk het terug opsluiten van CO₂ op grote en veilige dieptes onder omstandigheden vergelijkbaar met die waarin de fossiele brandstoffen zelf voor lange tijden bewaard zijn. Deze mogelijkheid wordt het afvangen en geologisch opslaan van CO₂ genoemd, wat wordt afgekort als CCS (het Engelse acroniem voor *Carbon Capture and Geological Storage*).

Niet alle CO₂-bronnen komen hiervoor in aanmerking. Voor het afvangen van CO₂ is een behandeling nodig die enkel bij

grote industriële installaties mogelijk is. Dit kunnen elektriciteitscentrales zijn, maar ook sectoren zoals staal- en cementproductie, petrochemie en raffinage komen in aanmerking. In België vertegenwoordigen zulke grote puntbronnen ongeveer 45 % van de totale CO₂-uitstoot. Wereldwijd zou ongeveer een derde van alle CO₂-productie vermeden kunnen worden tegen 2030.

Het afvangen van CO₂ bij het productieproces is de duurste stap. Daarna volgt het relatief eenvoudige transport van CO₂ per pijpleiding naar een geschikte geologische locatie. Hier volgt de laatste en meest uitdagende fase, want geologen moeten de zekerheid bieden dat CO₂ veilig en definitief opgeslagen wordt. De belangrijkste voorwaarde is dat een locatie wordt gekozen waar de ondergrond van nature de juiste eigenschappen bezit. Zulke locaties worden geologische reservoirs genoemd.

CO₂ voor de aarde

Voor landen die olie- en gasvelden hebben is dit relatief eenvoudig. Eens alle winbare olie of aardgas is opgepompt, blijven lege reservoirs achter die hun degelijkheid in de praktijk reeds bewezen hebben. Olie of gas bleef immers lange tijd, meestal miljoenen jaren, opgesloten in deze structuren. België is jammer genoeg één van de weinige Europese landen dat niet mag delen in de olie- en gasrijkdommen.

Aquifers zijn een andere mogelijkheid. Aquifers zijn poreuze lagen die gevuld zijn met water. Ondiepe aquifers kunnen gebruikt worden voor drinkwater, maar als ze sterk verzilt

zijn en voorkomen op een diepte van één kilometer of meer, komen ze in aanmerking om CO₂ op te slaan, tenminste daar waar een niet doorlatende deklaag aanwezig is die het CO₂ in de aquifer gevangen zal houden. Noorwegen bewijst reeds tien jaar lang dat dit mogelijk is door jaarlijks één miljoen ton CO₂ in een aquifer onder de Noordzee te injecteren. Noorwegen beweert trouwens voldoende reservoirs te hebben om het CO₂ dat in heel Europa in de komende decennia geproduceerd wordt te bergen.

Toch heeft het voordelen om niet volledig op andere landen te moeten vertrouwen. België heeft ook heel wat aquifers, en enkele daarvan kunnen geschikt zijn om CO₂ op te slaan. De aquifer onder Loenhout bijvoorbeeld wordt nu gebruikt om aardgas op te slaan, en opslag van CO₂ is maar een klein stapje verder. Voorwaarde is wel dat er geschikte structuren bestaan die minstens tien maal groter zijn dan deze onder Loenhout. Tot nu toe werden deze nog niet met zekerheid in België aangetoond, maar onze kennis van de ondergrond op een diepte van meer dan 1000 meter is dan ook zeer beperkt. Werk aan de winkel voor, weerom, geologen.

Een andere manier om CO₂ in de ondergrond vast te leggen, is om het te injecteren in steenkool. Hier vinden heel andere processen plaats. Steenkool is geen poreus gesteente, in tegenstelling tot een aquifer, maar bindt zich wel graag met verschillende gassen. Van nature is dit methaan dat bij de ontginning van steenkool kan vrijkomen als het beruchte mijngas.

CO₂ bindt zich nog beter met steenkool dan methaan. Daarom zal het, wanneer het geïnjecteerd wordt in niet ontgonnen steenkollagen, zich permanent binden op de steenkool, terwijl het methaan wordt vrij gezet. Zo wordt het mogelijk om op één punt CO₂ te injecteren, en op een tweede locatie het vrijgekomen methaan op te pompen, dat dan gewoon als aardgas gebruikt kan worden. Netto wordt er ongeveer tweemaal zoveel CO₂ vastgelegd als er methaan

wordt gewonnen, zodat het milieu een duidelijke winst boekt.

In België komen zowel in Vlaanderen als Wallonië nog steeds grote hoeveelheden steenkool voor die nooit ontgonnen werden. Plaats genoeg dus om CO₂ in steenkool op te slaan. De grote uitdaging is dus niet om reservoirs te vinden, maar wel om de techniek uit te bouwen die CO₂ in grote hoeveelheden in steenkool kan injecteren. Tot nu toe werden enkel kleinschalige tests uitgevoerd. Als we deze succesvol kunnen uitvergroten tot een industrieel project, zal het terugdringen van de CO₂-uitstoot beloond worden met gas uit eigen bodem.

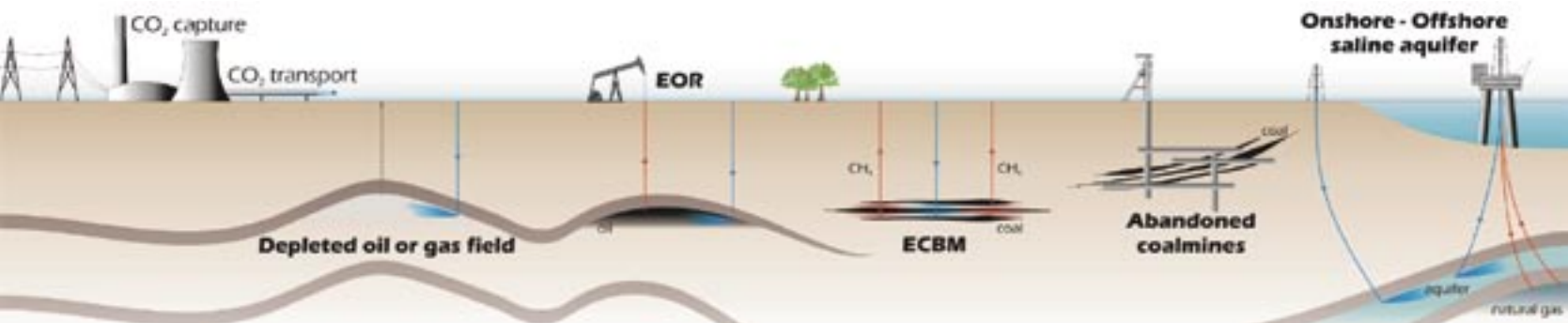
Geologie opnieuw bekeken

De geologie, en daarmee ook de kennis van het systeem aarde, heeft zijn opgang te danken aan de rol die het speelde ter ondersteuning van grondstoffenwinning, industrialisatie en algemene welvaartscreatie. De wereld kijkt nu tegen de gevolgen van die groei aan, en wordt erdoor in zijn welzijn bedreigd. De voornaamste rol die de geologen in de toekomst zullen moeten spelen, is de gezondheid en stabiliteit van de aarde in stand te houden.

Kris Piessens en Michiel Duser



Het systeem ter ondersteuning van de besluitvorming voor het opvangen en opslaan van kooldioxide (2006-2008). Dit project heeft als doel het stimuleren van economische initiatieven inzake het opvangen en opslaan van koolstofdioxide in België: www.naturalsciences.be/pss-ccs/



Energie in de kern van het klimaatbeleid

Het verband tussen energie en klimaatverandering staat nu wel vast. De uitstoot van broeikasgassen (BKG) afkomstig van menselijke activiteiten in België is immers hoofdzakelijk te wijten aan het gebruik van fossiele brandstoffen als energiebron (80,9 %). De andere bronnen van BKG zijn industriële en landbouwactiviteiten en in mindere mate ook afval, gaslekken in de distributienetwerken en het gebruik van solventen of andere producten.

Deze 80% uitstoot van BKG als gevolg van energieverbruik zijn gespreid over vier grote bronnen:

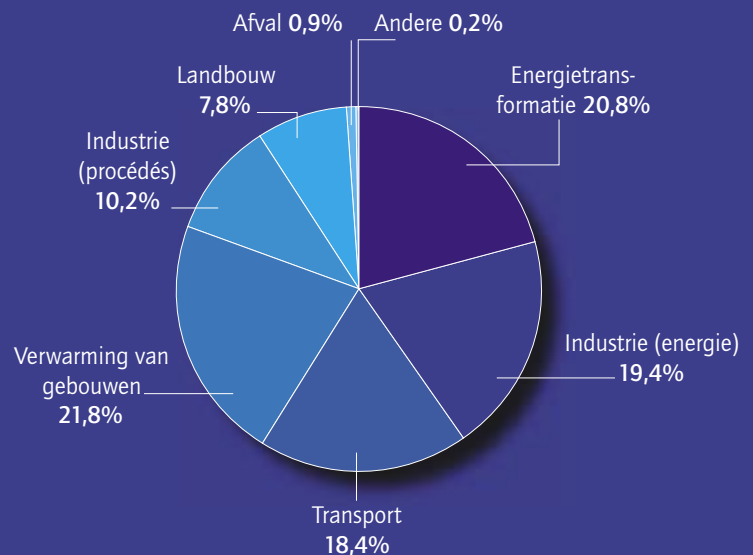
- energietransformatie (hoofdzakelijk elektriciteitsproductie door thermische centrales (82 %) en olieraffinaderijen (16 %));
- het verbruik van fossiele brandstoffen door de industrie en de bouw;
- het verbruik van fossiele brandstoffen voor de verwarming van gebouwen en de productie van sanitair warm water (waarvan 73 % in de huishoudelijke sector);
- transport, voornamelijk over de weg 97 %.

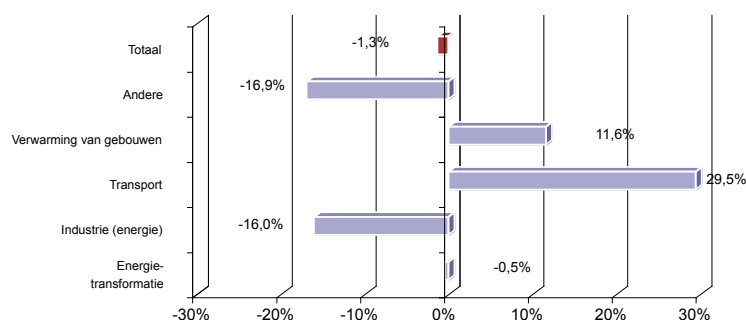
Hoewel we kunnen vaststellen dat tussen 1990 en 2005 de Belgische uitstoot lichtjes gedaald is, hebben de vier betrokken sectoren niet dezelfde evolutie doorgemaakt. De verwerkende industrie en de bouw hebben hun uitstoot duidelijk teruggedrongen, in de industrie voor energietransformatie is deze min of meer gelijk gebleven ondanks de gestegen productie, terwijl deze in de woon- en transportsectoren sterk is toegenomen.

Om te zorgen dat we schonere energie op een betere manier verbruiken, moeten we zowel het aanbod als de vraag naar energie aanpakken.

De uitstoot van BKG per sector in 2005

Bron: Nationale inventaris van broeikasgassen (2007)





Evolutie van de uitstoot van BKG tussen 1990 en 2005
 Bron: Nationale inventaris van broeikasgassen (2007)

Het energieaanbod

Voordat de gebruiker de energie kan gebruiken (eindenergie) moet deze geproduceerd worden uit een primaire energiebron. Als primaire energiebronnen worden voornamelijk ruwe koolwaterstoffen gebruikt (kool, olie, aardgas) en deze doen broeikasgassen ontstaan. De andere primaire energiebronnen zijn atoomkernen (voor de productie van kernenergie), hernieuwbare energiebronnen zoals biomassa of de mechanische kracht van de elementen (wind, water, ...).

De omzetting van deze primaire energie (benzine, diesel, stookolie, elektriciteit, zuiver aardgas, ...) in eindenergie veroorzaakt al naargelang van de primaire energiebron minder of meer BKG.

Er zijn dan ook twee complementaire actiegebieden om de uitstoot bij de productie van eindenergie te verminderen:

- energiebronnen uitkiezen die minder koolstof uitstoten, zoals kernenergie, hernieuwbare energie of overschakelen naar schonere fossiele brandstoffen in de thermische centrales (bijvoorbeeld steenkool vervangen door gas);
- het energieverlies tussen de primaire bron en de eindenergie verminderen door bijvoorbeeld de prestatie van de centrales te verbeteren.

Fundamenteel en technologisch onderzoek wordt gefinancierd door de Gemeenschappen en Gewesten en het onderzoek naar kernenergie wordt beheerd door het federale departement belast met economie en energie. Daarnaast financiert het Federaal Wetenschapsbeleid een reeks projecten ter ondersteuning van de besluitvorming. Aan de kant van het energieaanbod zijn deze projecten hoofdzakelijk gericht op hernieuwbare energie: de analyse van hun potentieel in België en de belemmeringen op hun ontwikkeling, de studie van de economische, sociale en ecologische gevolgen...

Voor het antwoord op deze maatschappelijke vragen en ter

ondersteuning van de besluitvorming is een nieuw soort onderzoek nodig, waarin de kennis uit verschillende vakgebieden wordt samengebracht. Om bijvoorbeeld de mogelijkheden te bestuderen van windenergie aan de Noordzee zijn er geologen nodig die de samenstelling van de bodem analyseren om te bepalen op welke sokkel de molens moeten staan, ingenieurs gespecialiseerd in aerodynamica en in materiaalkunde, meteorologen met hun modellen die de wind voorspellen, elektriciens om de gevolgen voor het elektriciteitsnetwerk in te schatten, economen om de kosten en de financiële aanmoedigingsmaatregelen te berekenen, juristen om nieuwe wetten, normen of regelgeving voor te stellen, sociologen en aardrijkskundigen om de gevolgen voor het landschap en de aanvaardbaarheid voor het publiek te bestuderen, politologen, enz...

Deze multidisciplinaire aanpak wordt verwezenlijkt door de opzet van het energieonderzoek bij het Federaal Wetenschapsbeleid, waarin elk onderzoeksproject verschillende aspecten van dezelfde problematiek dekt.

De energievraag

We moeten niet alleen schoner produceren, we moeten de energie ook beter gebruiken. Het verbruik van elektriciteit en brandstof voor vervoer en verwarming van gebouwen is de voorbije decennia alleen maar gegroeid. De voorspellingen voor de toekomst zijn niet rooskleurig zonder nieuw proactief beleid. De beperking van het verbruik werd bij het energiebeleid lang stiefmoederlijk behandeld, waarschijnlijk omdat het moeilijk toe te passen is. Er zijn veel actoren bij betrokken, sommige maatregelen hebben sociale gevolgen, de individuele vrijheid wordt aangetast en meer algemeen vereist dit een aanzienlijke mentaliteitsverandering.

De beperking van het energieverbruik en dus van de uitstoot van broeikasgassen kan ondersteund worden door drie soorten acties:

- efficiënt energieverbruik: via een technologische verbetering

Vervolg op pagina 20 ►

Gesprek met Johan Driesen

Science Connection – Johan Driesen, u bent hoogleraar aan het departement elektrische energie van de KULeuven en u bent betrokken bij een aantal projecten in het kader van het programma SSD van het Federaal Wetenschapsbeleid dat de gevolgen onderzoekt van de aangroei van hernieuwbare energie in het Belgische elektriciteitsnet.

Hoewel windenergie marginaal blijft in de Belgische energiemix, groeit het windmolenpark de laatste jaren steeds sneller aan. Vaak wordt gesteld dat windenergie te variabel is en dat dit het elektriciteitsnet gevaarlijk kan verstoren. Bestaat dat risico echt?

Johan Driesen – Wind blijft een grillige en niet geheel voorspelbare bron van energie. Het is zeker zo dat de windgebaseerde “elektriciteitscentrales”, meestal een park van grote windturbines van elk enkele MW, zich niet gedragen als een gewone centrale. Door de moderne, vermogenelektronisch gebaseerde omzettingstechnologie en schaaffecten kan men tegenwoordig wel de productievataties op korte termijn beheersen, maar op langere termijn, zijnde enkele uren, moet men rekenen op goede voorspellingen om de afwijkingen op te vangen. In de praktijk betekent dit het inschakelen van klassieke centrales, wat niet altijd een goedkope en milieuvriendelijke ingreep is. De energiestromen in het elektriciteitsnet worden dan ook grilliger dan voorheen.

In geval van problemen op het elektriciteitsnet, bijv. een ongeval of het plots uitschakelen van centrales, leveren de windmolens duidelijk niet dezelfde backup-capaciteit als gewone centrales. Een gevolg is dat men meer klassieke elektriciteitscentrales, zowel in het binnen- als buitenland, als reserve moet houden om hetzelfde niveau van betrouwbaarheid te blijven garanderen.

Hoe dan ook, met een steeds groter aandeel windenergie neemt het geïnstalleerde vermogen van de klassieke centrales zeker niet evenredig af en wordt het elektriciteitsnet relatief zwaarder belast. De UCTE (Unie voor de Coördinatie van de Transmissie van Elektriciteit) rekent voor België dat men slechts 5% van het geïnstalleerde windvermogen mag tellen alsof het een klassieke centrale is, als men dezelfde betrouwbaarheid wil behouden (dus qua betrouwbaarheid vervangt 100 MW wind 5 MW klassieke productie).

Duurzame bio-energie

Het project TEXBIAG, gefinancierd door het Federaal Wetenschapsbeleid, kadert in de huidige context van de valorisatie van de agrarische biomassa voor energetische doeleinden. Dit om de BKG te reduceren, de energievoorziening veilig te stellen en de landelijke ontwikkeling te stimuleren. Samen met partners uit de domeinen energie, bouwkunde, landbouwkunde, economie en milieu probeert het project instrumenten voor de besluitvorming, die rekening houden met de gevolgen van bio-energie op het milieu, de economie en de maatschappij, te bieden aan de beleidsmakers.

De milieugerelateerde en socio-economische voordelen van het gebruik van bio-energie t.o.v. fossiele energie zijn er slechts op het moment dat het gehele proces van productie, omzetting en gebruik van bio-energie op een “duurzame” manier wordt beheerd. Op dit vlak hebben zowel enkele landen (Nederland, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk) als de Europese Unie stappen ondernomen om de vereiste “duurzaamheidscriteria” te definiëren om de nefaste effecten te vermijden van een toename in het gebruik van bio-energie, en biobrandstoffen in het bijzonder, zoals ontbossing, stijging van de voedselprijzen, verlies aan biodiversiteit, intensief gebruik van pesticiden, gedwongen arbeid, ...

België dient ook spoedig een standpunt in te nemen betreffende dit onderwerp en het project TEXBIAG draagt hieraan bij door middel van de ontwikkeling van een methodologie om deze “duurzaamheids-criteria” toe te passen, om de Belgische visie op deze problematiek te onderbouwen.

Florence Van Stappen



Het project TEXBIAG:
www.texbiag.be

SC – In sommige Europese landen kunnen de elektriciteitsnetten tot 20 % windenergie opnemen zonder grote technische aanpassingen, is het Belgische netwerk minder robuust?

JD – Deze redenering klopt niet: de landen die een dergelijke hoeveelheid windenergie hebben geïnstalleerd zouden dit nooit kunnen zonder de hulp van hun buurlanden. In dit verband is volgende vraag zeker zo belangrijk: waar komt die andere 80 % van het vermogen vandaan? Hoeveel windenergie een net kan opnemen hangt uiteraard af van de vraag, maar vooral het verschil daarmee, want dat moet in andere soorten centrales geproduceerd worden: het zogenaamde "balanceren" van vraag en aanbod van elektriciteit. Om aan 20 % te geraken in een klein land moet je voldoende flexibele centrales ter beschikking hebben die zonder al te veel kosten en schadelijke uitstoot het windpatroon complementair kunnen volgen. Die centrales kan je bouwen binnen je grenzen of je kan energie uitwisselen met de buurlanden via het hoogspanningsnet. Dat laatste is wat, spijtig genoeg, meestal in de praktijk gebeurt en zo exporteer je een deel van de balanceringsproblemen en de daarmee verbonden kosten. In de toekomst wordt het misschien haalbaar om geavanceerde energieopslag en/of verbruikscntrole te gebruiken, maar dat is nu technisch en economisch nog niet haalbaar.

Het elektriciteitsnet moet ook al deze uitwisselingen aankunnen zonder de betrouwbaarheid in het gedrang te brengen, wat enerzijds een kwestie is van voldoende grootte, maar ook van voldoende overschot op de capaciteit intern en op de grenzen.

Het is dan ook geen kwestie van óf meer windenergie, óf meer klassieke centrales of meer internationale verbindingen, maar een kwestie van "én". Als men het aandeel van windenergie wenst te zien toenemen, zal men meer moeten investeren in het hoogspanningsnet (zoals in Duitsland waar men vrijwel 1000 km nieuwe hoogspanningslijnen plant omwille van de windenergie), zal men moeten investeren in flexibele backup-centrales en zal men moeten zorgen voor CO₂-arme basisproductie (nucleair en steenkool met op termijn CO₂-opvang).

SC – Welk percentage aan windenergie zou het huidige Belgische elektriciteitsnet kunnen opnemen?

JD – Het net kent geen energie als probleemstelling. Het net wordt gedimensioneerd op vermogen. Hoeveel het net op land aan kan, is niet echt een belangrijke vraag. De beperking voor windenergie op land ligt duidelijk bij de bouwtoelatingen. De aanvaarding van windturbines op land is vrij laag, en het net vormt hier niet de beperkende factor. De huidige geplande windmolenparken op zee met een totaal vermogen van 816 MW kunnen door het huidige net, mits nog een paar kleine aanpassingen, opgevangen worden.

SC – Is het voor het netwerk beter om veel windmolens te verspreiden over het hele land of om ze te concentreren in krachtige windmolenparken zoals in de Noordzee?

JD – Windturbines verspreid over een grote oppervlakte moeten, vanwege het relatief geringe vermogen, aangesloten worden op het distributienet, dat niet overal even sterk is en dat niet uitgerust is om overal een grote vermogeninput op te vangen. Het distributienet zou dus in zijn geheel opgewaardeerd moeten worden, wat veel kosten met zich mee zal brengen. Anderzijds zou men kunnen aanhalen dat door de uitmiddeling van windpatronen over een grotere oppervlakte de input globaal regelmatig zou worden. Simulaties tonen echter aan dat om dit effect te bereiken, ons land te klein is. Het distributienet wordt op dit ogenblik ook reeds sterk bevroegd door andere verdeelde productiesystemen, zoals WKK-installaties (warmtekrachtkoppeling) in de tuinbouw.

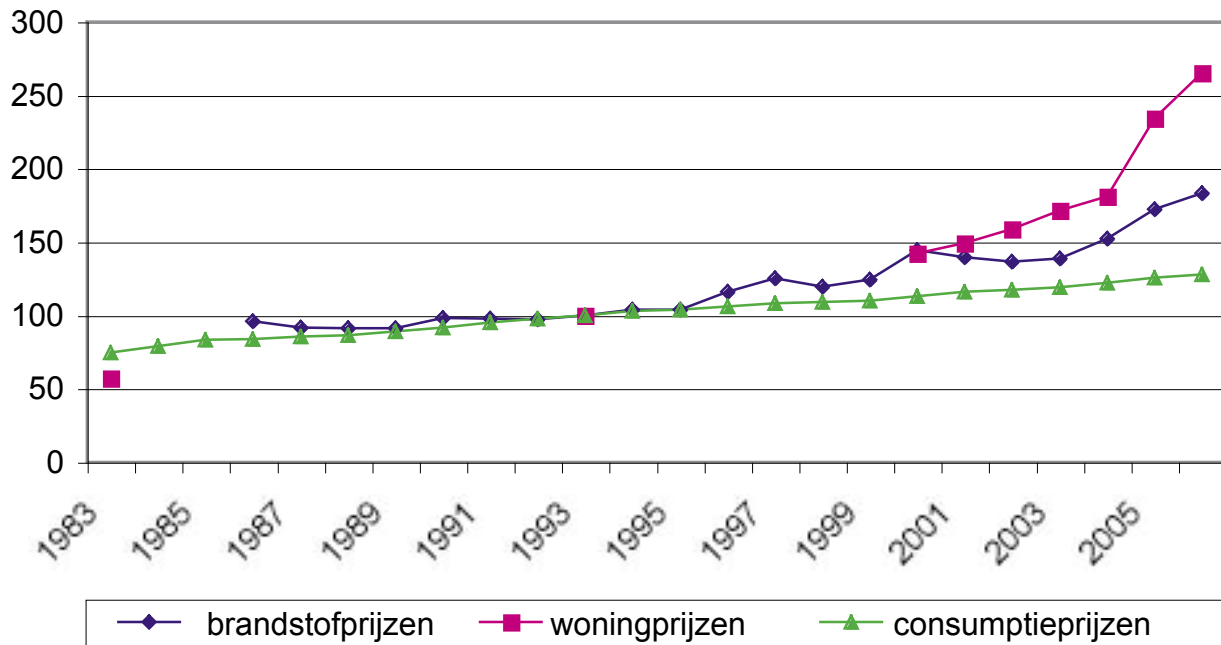
Grote parken worden ineens op het sterkere transmissienet aangesloten, in onderstations waar ook aangepaste compensatieapparatuur kan geplaatst worden, op voorwaarde dat de aanwezige lijnen het vermogen kunnen transporteren natuurlijk. Het is zelfs mogelijk dat zij daar zgn. netdiensten leveren, dit zijn regelacties die helpen het net te stabiliseren. Windmolenparken op zee worden ook zo aangesloten, maar dan via een lange onderzeese kabel, die extra compensatie nodig heeft, tenzij de installateurs van de windmolenparken gebruik maken van nieuwe technieken om de aansluiting te verzorgen.



Het project WINDBALANCE:
www.belspo/SSD

Evolutie van de benzineprijs en de gemiddelde verkoopprijs van een woning (1993 = 100)

Bronnen: FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie en Directoraat-generaal Statistiek en Economische Informatie



- ring waardoor er minder energie verbruikt wordt voor een zelfde werkingsniveau (spaarlampen, auto's die zuiniger rijden per kilometer,...);
- individuele spaarzaamheid: via een aanpassing van onze dagelijkse gewoonten (thermostaat lager instellen, licht uitdoen, ...);
- infrastructuur (stedenbouw, huisvesting, transport): via een betere organisatie van steden en wijken waardoor de vraag beperkt kan worden (verbetering van het openbaar vervoer, wijkwinkels, wandelstraten, ...).

Tot op heden waren het onderzoek en de politieke acties inzake beperking van de vraag naar energie vooral sectorgericht, ofwel op de gebouwen (verbetering van hun raakvlak met de omgeving (isolatie), van de prestaties van ketels en elektrische toestellen en in mindere mate de studie van het gedrag van huishoudens in hun woningen), ofwel op het transport (vermindering van het verbruik door voertuigen, mobiliteit...). Gaandeweg ontwikkelen zich een ander type onderzoek en beleid die de analyse per sector overstijgen.

De energetische gevolgen worden sectoroverkoepelend geanalyseerd op schaal van gebouwen, wijken en zelfs van steden (transport en gebouwen inbegrepen).

Ter illustratie hiervan vergelijken we de evolutie van de energieprijzen met die van de huisvesting. De energieprijzen (hier voor benzine) is in tien jaar sterker gestegen dan de algemene consumptieprijzen, maar de kosten voor huisvesting zijn nog veel sterker gestegen. Hoe past dit in ons verhaal? Door de hogere brandstofprijzen zouden we verwachten dat de huishoudens kiezen voor een levenswijze waarbij ze de wagen minder moeten gebruiken. We zien echter het tegendeel: door de stijging in de woningprijzen kunnen koppels (of gezinnen) het zich niet veroorloven om in de stad te wonen en ze vestigen zich steeds verder van hun activiteit (werk, school voor de kinderen, winkels, ...); waardoor er een grotere behoefte aan individuele mobiliteit ontstaat en dus een groter energieverbruik. Het energieverbruik beperken zonder rekening te houden met de keuze en de ontwikkeling van infrastructuur en ruimtelijke ordening is gedoemd tot mislukking.

De keuze van een woning: zware gevolgen

Verskillende factoren spelen een rol in de aanleg van openbare stadsruimten en bepalen de kwaliteit van leven van de woonplaats. De dichtheid en mobiliteit in de stad, de perceptie, de rol en de plaats van de gebruikers, het microklimaat en de luchtvervuiling, de biodiversiteit en de plantengroei, water, verlichting, geluid en lawaai-beheersing zijn allemaal cruciale elementen bij de keuze. De evolutie van al deze parameters zal de mensen doen beslissen om in hun wijk te blijven wonen, dus in de stad, of deze omgeving te ontvluchten naar het platteland.

Naast de studie van de aanleg van de stedelijke ruimten, is het ook cruciaal om de bouw van duurzame woningen te stimuleren, want dit heeft grote gevolgen voor het milieu. Een geïntegreerde aanpak moet enerzijds de complexe wisselwerkingen bestuderen tussen het type huisvesting, de manier van leven, de vorm van het gebouw, de technische oplossingen voor bouwelementen en anderzijds, de kwaliteiten, financiële kosten en gevolgen voor het milieu. Dit geldt evenzeer voor appartementen als voor alleenstaande of aaneengebouwde huizen.

De huisvesting en de aanleg van de openbare stadsruimten spelen ook een bepalende rol in de sociale, ecologische en economische ontwikkeling van steden en bijgevolg in de overschakeling naar een duurzame ontwikkeling.

Marie-Carmen Bex



Verskillende onderzoeken over de ruimtelijke ordening in de stad en duurzame woningen worden gefinancierd in het kader van het programma "Wetenschap voor een duurzame ontwikkeling" (Science for Sustainable Development, SSD) : www.belspo.be/ssd

Transport, energie en klimaat

Transport is onlosmakelijk verbonden met het thema 'Energie'. In België alleen al reden er eind 2006 ruim 6,2 miljoen voertuigen rond (waarvan bijna 5 miljoen auto's). Het Europese wagenpark is de laatste 30 jaar verdrievoudigd en op wereldwijd niveau is de transportsector verantwoordelijk voor 25% van de CO₂-uitstoot en dit aandeel groeit nog altijd.

In het lucht- en zeevaarttransport is er de voorbije jaren ook een aanzienlijke groei geweest. Deskundigen hebben in het bijzonder de bepalende rol van de luchtvaart aangetoond: naast de uitstoot van CO₂ en NO_x hebben de condensatiesluiers en de cirrusvorming een significante weerslag op de klimaatverandering.

Het spreekt dus voor zich dat het thema 'Transport en mobiliteit' met een twaalfstal projecten goed vertegenwoordigd is in het programma 'Wetenschap voor een duurzame ontwikkeling (SSD)'. Naast een aantal projecten die het thema op een algemene wijze aanpakken, zijn er ook verschillende die een direct verband leggen met klimaatverandering en/of energie.

Georges Jamart



CLEVER - Onderzoek naar milieuvriendelijke voertuigen: LCA (LevensCyclusAnalyse) en beleidsmaatregelen (2007-2010)

ABC Impacts - Luchtvaart en Belgisch klimaatbeleid: analyse van de integratiemogelijkheden en hun gevolgen (2006-2009)

Internationaal akkoord: verdeling van de inspanningen op "wetenschappelijke basis"

Sinds een twintigtal jaar financiert het Federaal Wetenschapsbeleid programma's en activiteiten voor de studie van het klimaat en de atmosfeer. De inspanningen waren tot nu toe hoofdzakelijk gericht op de studie van het klimaatsysteem (observatie en verklaring van huidige en vroegere klimaatveranderingen, voorspelling van toekomstige klimaatscenario's). De ontwikkeling van instrumenten voor de besluitvorming en evaluatie van het klimaatbeleid werd echter niet verwaarloosd.

Nu het verschijnsel van klimaatverandering erkend is, stelt de overheid zich meer en meer vragen over:

- de aard en de omvang van de gevolgen van klimaatverandering en de daarmee gepaarde onzekerheidsgraad;
- de maatregelen voor aanpassing aan de klimaatverandering;
- de maatregelen en de kostprijs om de klimaatverandering te temperen door beperking van de uitstoot van BKG ("matiging").

Een aanzienlijke uitstootvermindering van BKG impliceert een radicale verandering van de manier waarop we produceren en consumeren. De geveerde inspanningen zouden zich eerst kunnen manifesteren als een daling in concurrentievermogen, verlies van werkgelegenheid, vertraging in de economische groei, daling in de overheidsontvangsten... Maar deze "revolutie" zal op termijn zeker een synoniem zijn van vernieuwing, commerciële opportuniteiten en economische groei.

Op 23 januari jl. heeft de Europese Commissie aan de Lidstaten een ambitieus "maatregelenpakket" voorgesteld voor de uitstootvermindering van BKG.

Uitlaatgassen vertegenwoordigen ongeveer 30 % van de broeikasgassen.
© Belpress

We hebben de econoom Vincent Van Steenberghe geïnterviewd over de lopende onderhandelingen voor de verdeling van de inspanning voor de uitstootvermindering van BKG tussen de Lidstaten en ondersteuning die in dit verband wordt gevraagd aan wetenschappers. Vincent Van Steenberghe heeft als vorser aan de Katholieke Universiteit Leuven de verschillende economische aspecten van het probleem van klimaatverandering bestudeerd. Hij is nu geattacheerd aan de Dienst Klimaatveranderingen van de Belgische federale overheid. Zijn voornaamste opdracht ligt in de coördinatie van het Belgische klimaatbeleid met de Europese Unie en de Verenigde Naties.

Science Connection – De zeer strikte doelstellingen die in Kyoto werden onderhandeld, gelden voor de periode 2008 - 2012. Wat gebeurt er na 2012?

Vincent Van Steenberghe – Wij proberen een internationaal akkoord te bereiken met het grootst mogelijke aantal landen dat BKG uitstoot. Zelfs als we daar niet in slagen heeft Europa unilateraal beslist om het voortouw te nemen en zich ervoor in te zetten om de uitstoot tegen 2020 aanzienlijk te verlagen. Als er een wereldwijd akkoord met de grootste BKG-uitstotende landen is bereikt, stelt de Europese Unie voor om de uitstoot te verminderen met 30 % ten opzichte van het niveau in 1990. Als een dergelijk akkoord uitblijft, zal ze de uitstoot met ten minste 20 % verminderen ten opzichte van hetzelfde referentiejaar. Daarnaast wil ze de ontwikkeling van hernieuwbare energie bevorderen en heeft ze zich ook tot doel gesteld tegen 2020 het verbruik van energie uit hernieuwbare bronnen op 20 % te brengen.

SC – Dat is dus het streefdoel van het pakket "energie-klimaat"?

VVS – Precies. Het "pakket" omvat hoofdzakelijk een voorstel om de doelstellingen voor de uitstootvermindering van BKG en het gebruik van hernieuwbare energie te verdelen over de verschillende Lidstaten van de Europese Unie.

SC – In welke mate helpt wetenschappelijk onderzoek om dit soort voorstel uit te werken?

VVS – Ik zou zeggen dat wetenschappelijk onderzoek naar de gevolgen van verminderingstreefdoelen en het klimaatbeleid in het algemeen de besluitvorming ondersteunt. Enerzijds zijn er de analyses ex-post (achteraf) om te bepalen of de beleidsmaatregelen hun doelstelling van uitstootvermindering hebben verwezenlijkt en hoeveel dit heeft gekost. Met deze analyses kunnen we weten of de beleidsmaatregelen al of niet werken, en of ze herzien moeten



worden of zelfs door andere maatregelen vervangen. Anderzijds dienen analyses *ex ante* (vooraf) om de verwachte weerslag van de doelstellingen en maatregelen die gepland worden te kwantificeren. De Europese Commissie heeft haar voorstel uitgewerkt op basis van dergelijke *ex ante* evaluaties, die voornamelijk steunen op modellen.

SC – Op welk principe berusten deze modellen?

VVS – Men onderscheidt over het algemeen modellen die een bijzonder gedetailleerde beschrijving bieden van de gebruikte technologieën in de verschillende sectoren die BKG uitstoten en modellen die meer steunen op een voorstelling van de verschillende socio-economische actoren (huishoudens, bedrijven, landen...) en hun interacties. Eenvoudig gesteld kunnen we zeggen dat de eerste modellen de aanpak volgen van de ingenieur en de tweede die van de econoom. Dit onderscheid vervaagt echter naarmate de modellen uitgewerkt worden. Beide soorten modellen worden trouwens samen gebruikt en kunnen ook gecombineerd worden. Zo kan de weerslag van een klimaatbeleid op het energiesysteem bestudeerd worden met een model met veel beschrijvingen van technologieën en daarna kunnen de resultaten ingevoerd worden in een economisch model om de weerslag van het geplande beleid in te schatten op gebied van economische groei, werkgelegenheid, overheidsinkomsten,... De Europese Commissie heeft zijn pakket "energie-klimaat" op deze manier uitgewerkt.

SC – Kan men zo wetenschappelijk verantwoorde doelstellingen formuleren voor de uitstootvermindering van BKG?

VVS – Als we een doelstelling willen vastleggen voor de vermindering op wereldniveau en op lange termijn, zou ik zeggen dat wetenschappelijk onderzoek een fundamentele rol speelt. Het probeert de weerslag van de vermeden klimaatveranderingen door een vermindering van de uitstoot zo precies mogelijk te identificeren. Vervolgens bepaalt het de voordelen van deze vermindering voor de samenleving. Deze voordelen moeten dan afgewogen worden tegen de kosten van de geplande beleidsmaatregelen tegen de klimaatverandering om te bepalen wat een geschikt streefdoel is voor de uitstootvermindering. Maar het blijft altijd moeilijk om wat "wetenschappelijk" haalbaar is te onderscheiden van wat ethisch mogelijk is. Hierover heeft een Brits team van wetenschappers onlangs onderzoek gedaan ("*Stern Review*"). Zij wezen op het belang van de keuze van de actualisatievoet (dat is het gewicht dat aan de toekomst wordt toegekend ten opzichte van het heden) op de omvang van de verwachte baten van een uitstootvermindering. Ook belichtten zij de ethische principes waarop deze keuze steunt. Een vrij lage actualisatievoet geeft wat meer gewicht aan de voordelen van klimaatbeleidsmaatregelen ten opzichte van hun kosten omdat de baten van deze maatregelen in een verre toekomst pas waargenomen zullen worden, terwijl hun kosten nu al gedragen moeten worden. In dit geval kan

men dus strengere doelstellingen verwachten voor de uitstootvermindering. Het omgekeerde is ook waar. Maar deze actualisatievoet zal sterk verschillen naargelang het belang dat men hecht aan de gelijke verdeling tussen generaties.

Als we daarentegen kijken naar de verdeling van de inspanningen tussen de Lidstaten, denk ik dat we moeilijk kunnen spreken van een "wetenschappelijk verantwoorde" verdeling. We kunnen niettemin proberen om wetenschappelijk de gevolgen van een bepaalde verdeelsleutel te bepalen. Zo baseert de Europese Commissie haar voorstel grotendeels op het criterium van "financiële draagkracht" van de Lidstaten. Dat betekent dat de verdeling van de inspanning omgekeerd evenredig is met het bruto binnenlands product (BBP per inwoner) van elke Lidstaat. Met andere woorden: de rijkste landen moeten de grootste inspanning leveren. Maar er zouden ook andere criteria gebruikt kunnen worden zoals het totale aantal inwoners – wat impliciet inhoudt dat elke inwoner van de Europese Unie de toestemming zou krijgen om dezelfde hoeveelheid BKG uit te stoten – of anders een gelijke spreiding van de kostprijs van uitstootvermindering (per inwoner of per BBP), naargelang welk gelijkheidsbeginsel men wil toepassen.

SC – Hoe reageert de wetenschappelijke wereld in de universiteiten over het algemeen, die steeds meer door de overheid onder druk wordt gezet om stelling te nemen op een gebied waar de onzekerheid nog zo groot is?

VVS – Vrij algemeen langetermijnonderzoek heeft tegenwoordig een grote invloed op het internationale klimaatbeleid, met name omdat een groot aantal onderzoeken gevaloriseerd werden in het kader van het IPCC, dat de ervaring van een groep deskundigen op unieke en zeer vruchtbare wijze vergaart. De universiteiten zijn volgens mij slecht gewapend om op korte termijn te antwoorden op de soms zeer specifieke vragen waarmee de overheid geregeld geconfronteerd wordt. In de eerste plaats wordt het onderzoek aan de universiteit zelden opgezet zoals in een consultancybedrijf: er is een langere reactietijd en de voorgestelde methodologie is meestal wel veel krachtiger, maar ook zwaarder. Ten tweede hebben de universiteiten moeilijkheden om op duurzame wijze vorsers op te leiden voor dit soort opdrachten. Voor de vorser zelf rijst nog de vraag van de valorisatie van zijn onderzoeksresultaten in het kader van een academische loopbaan waarvoor over het algemeen alleen rekening gehouden wordt met meer fundamenteel onderzoek. Niettemin spelen de universiteiten in elk geval een grote rol in de ontwikkeling en communicatie van de analysemethoden, ongeacht of ze gebruikt worden door andere wetenschappers dan de academici, door consultancybureaus of door de overheid zelf.

Opgetekend door Georges Jamart

Performante en transparante modellen ter ondersteuning van de besluitvorming



België neemt via het Federaal Wetenschapsbeleid al sinds de jaren '80 deel aan een internationaal onderzoeksprogramma "Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP)" dat werd opgezet in het kader van de uitvoeringsakkoorden van het Internationaal Energieagentschap. De deelnemende landen brengen hun wetenschappelijke en financiële middelen samen om een reeks instrumenten te ontwikkelen en te onderhouden voor analyses op gebied van energie, economie, leefmilieu en bouwkunde.

Al deze onderzoeksteams (KULeuven en VITO voor België) die bij dit programma betrokken zijn, ontplooiën hun activiteiten rond een gemeenschappelijke methodologie. Deze methodologie is vergelijkbaar maar kan aangepast worden aan de individuele behoeften, voornamelijk gebaseerd op de modellenfamilie MARKAL/TIMES. Met deze verschillende instrumenten kunnen energiestrategieën op lange termijn en diepgaande energie- en milieuanalyses ontwikkeld worden op verschillende niveaus: nationaal, van een groep landen of wereldwijd.

Op **nationaal** niveau kunnen bijvoorbeeld de effecten van nationale en internationale energie- en milieubeleidsmaatregelen bestudeerd worden (het systeem van Europese "Emissions Trading Systems", brandstofheffingen, aanmoedigingsmaatregelen voor hernieuwbare energie, de weerslag van het pakket "Energie-Klimaat...") op de nationale energiemix, op de kosten, op de uitstoot van luchtvervuiling... De looptijd is meestal tot 2020 of 2030.

Naast de nationale (of lokale) modellen werden meer recent modellen ontwikkeld met verschillende geografische doelgebieden op basis van de methodologie ontwikkeld bij het ETSAP:

■ **regionale** modellen (regio's in de wereld) zoals het Europese project NEEDS dat de totale (directe en externe) kosten en baten van energiebeleidsmaatregelen en toekomstige energiesystemen moet evalueren, zowel op de schaal van de individuele landen als van het uitgebreide Europa (28 landen) in zijn geheel;

■ **wereldwijde** modellen (voor de wereld en grote regio's), zoals het ETP-model gebruikt door het Internationaal Energieagentschap voor de publicatie "Energy Technology Perspectives", het model SAGE op basis van extrapolaties in de jaarlijkse publicatie "International Energy Outlook" van het Amerikaanse energiebureau (US-DOE), het model ETSAP-TIAM ("TIMES Integrated Assessment Model") dat een klimaatmodel integreert en kan dienen als input voor de activiteiten van het IPCC.

Deze modellen hebben een zeer lange looptijd, meestal tot 2050 of zelfs 2100, zoals het model ETSAP-TIAM.

Anne Fierens



Energy Technology Systems Analysis Programme:
www.etsap.org

Het project "Treating Uncertainty and risk in energy systems with MARKAL/TIMES"
www.belspo.be/ssd

Klimaatverandering en ontwikkelingslanden

Werkgroep II van IPCC heeft aangetoond dat de ontwikkelingslanden het meest zullen getroffen worden door de klimaatverandering (in het bijzonder Afrika en delta- en kustgebieden in Zuidoost-Azië), terwijl juist zij er het minst verantwoordelijk voor zijn.

De verwachte gevolgen omvatten vooral gebrek aan (drinkbaar) water, voedseltekort (verminderde landbouwproductie en teeltverschuivingen), onvoldoende veilige woonvoorzieningen en gezondheidsproblemen (o.a. uitbreiding van epidemie-gevoelige zones zoals bijv. voor malaria).

Extreme weersomstandigheden zoals meer frequente en ook heviger droogtes en stormen of overstromingen zouden deze regio's treffen. De hoge bevolkingsgroei in die gebieden brengt met zich mee dat een bijzonder groot deel van de wereldbevolking aldus bedreigd is.

De ontwikkelingssamenwerking dient de klimaatverandering te integreren in zijn beleid:

keuze van type-projecten, prioritaire gebieden, ... De keuze van het ontwikkelingspad dat een land volgt kan helpen de impact van de klimaatverandering te minimaliseren. Opteren voor een 'duurzame' ontwikkeling, gebaseerd op ondermeer een bedachtzaam beheer van de natuurlijke hulpbronnen, is sterk aanbevolen.

Daartoe zijn hulpinstrumenten zoals betrouwbare kaarten van de situatie en de trends, methodes voor de analyse van risico's en transsectoriële informatiesystemen voor een geïntegreerd land- en waterbeheer van de kwetsbare regio's bijzonder nuttig. Voor de lokale planners en beheerders is het cruciaal te beschikken over 'de juiste informatie, bij de juiste personen, op het juiste ogenblik'. Er is nood aan geschikte capaciteitsopbouw daartoe en aan ondersteuning van gepast institutionele structuren.

Onderzoek en ontwikkeling spelen een essentiële rol in het begrijpen van de processen en van problematieken die specifiek zijn voor bijv. tropische kustgebieden en (semi)-ariede streken en om

methodes aan te reiken voor een efficiënte preventie en voor 'matiging' en aanpassing aan de gevolgen van de klimaatverandering.

Het Federaal Wetenschapsbeleid levert via zijn onderzoeksprogramma voor duurzame ontwikkeling, via zijn bilaterale en inter-gouvernementele samenwerkingsakkoorden (o.a. met Unesco) en via zijn programma voor ruimtevaarttoepassingen inspanningen die relevant zijn voor het duurzaam land- en waterbeheer en energiebeleid in ontwikkelingslanden. En toch, er is ruimte voor meer!

De uitdaging van de 'wereldwijde veranderingen in het leefmilieu' is zo groot en dringend dat een versterkte dialoog en samenwerking tussen de departementen wetenschapsbeleid en ontwikkelings-samenwerking voor de hand ligt is. Er wordt aan gewerkt!

Brigitte Decadt

Eerste symptomen van een maatschappij die ziek is door de klimaatverandering ...

Op 7 april van dit jaar werd de Werelddag van de Gezondheid (WGO) gewijd aan de gevolgen van klimaatveranderingen voor de gezondheid. Dit is een uiterst belangrijk thema, gezien de talrijke satellietobservaties van verstoringen op aarde en klimatologische rampen (hittegolven, overstromingen en bosbranden, ...). Er werden zorgwekkende cijfers gepubliceerd over de wereldwijde menselijke epidemiologie en over daarmee gepaard gaande sociale, economische en menselijke risico's. De klimaatveranderingen dreigen de sociale ongelijkheid te versterken, want de arme landen met extreme klimaatomstandigheden worden er meer door getroffen, en in deze landen bovendien ook de populaties van de armste mensen.

Rechtstreekse gevolgen

In het vierde rapport over klimaatveranderingen (weerslag, aanpassing en kwetsbaarheid) geeft het IPCC een sterk signaal door te getuigen van directe en indirecte klimaateffecten die schadelijk zijn voor de gezondheid. Er is geen gebrek aan voorbeelden. De directe gevolgen van de klimaatverandering staan in de actualiteit en halen de media zoals de hittegolf en de thermische stress in de zomer van 2003 in centraal Europa met als gevolg talrijke sterfgevallen bij de meest kwetsbare populaties (ouderen en zieken). De hittegolf in de zomer van 2003 heeft 70.000 extra overlijdens

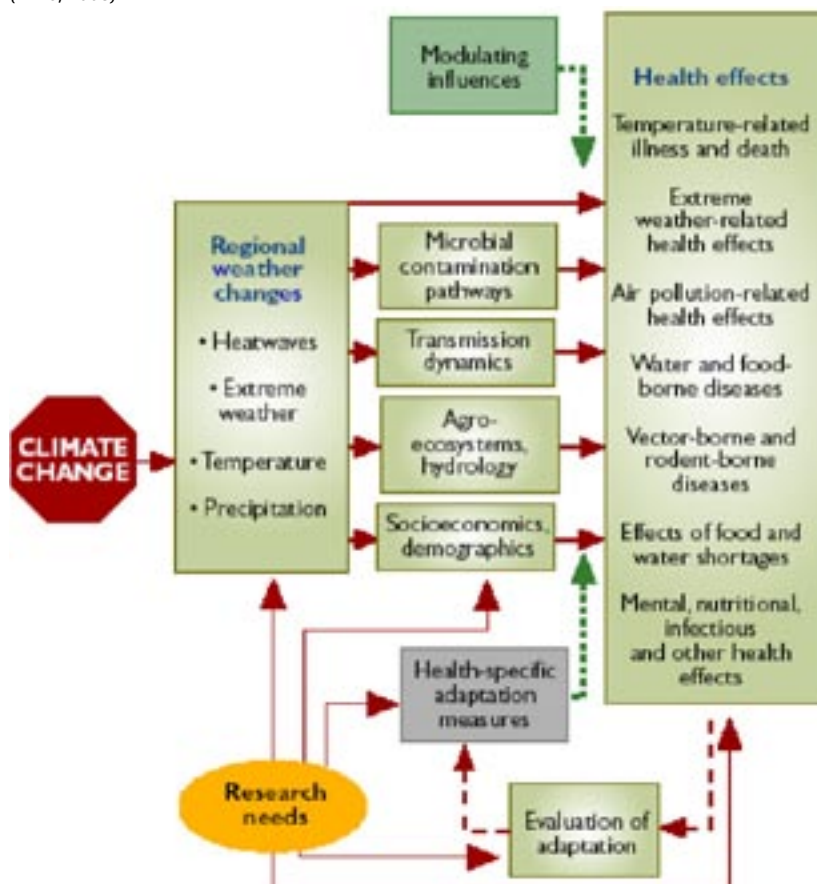


veroorzaakt in Europa, waarvan meer dan 20.000 voor de maand augustus, de warmste maand in deze hittegolf. De oversterfte haalde in augustus een uitzonderlijk niveau. In België vielen er 1.200 slachtoffers door de hittegolf, in Frankrijk en Italië respectievelijk 19.490 en 20.089. De gemelde cijfers zijn dus aanzienlijk hoger dan de 15.000 Franse slachtoffers en 50.000 Europese sterfgevallen die geschat werden vlak na de crisis. Het hardst getroffen werd Luxemburg met een sterfte die met meer dan 14,3 % was gestegen, gevolgd door Spanje met +13,7 %, België met +12%, Frankrijk met +11,8 % en Italië met +11,6 %. Het Verenigd Koninkrijk werd het meest gespaard, met een stijging van de sterfte van slechts 0,2 %.

Overstromingen in Engeland in de zomer van 2007, versneld smelten van de gletsjers over de hele wereld; verwoestende stormen in Europa en New-Orleans (herfst 2006); bosbranden in Griekenland (zomer 2007) ... al deze verschijnselen waren totaal onbeheersbaar en hadden hun aandeel in de ecologische, sanitaire, sociale, economische en geopolitieke gevolgen. Hiervoor is een nieuw beleid voor risicobeheer vereist.

Minder zichtbare weerslag

De indirecte gevolgen zijn even schadelijk, maar trager, onzichtbaar of werkelijk te duchten, zeker als er niet aan ontkomen kan worden: verandering in de spreiding van ziektedragers (muggen, teken, ...), ziekteverwekkers in water (algenbloei en cyanobacteriën die aan het wateroppervlak drijven), de kwaliteit van het water (uitdroging van grondwaterlagen, concentratie van vervuiling in opgedroogde bekkens, ...) en van de lucht (ozonpieken) alsook de beschikbaarheid en kwaliteit van voedingsmiddelen (uitdunning/vernietiging van oogsten, van de veestapels, daling in de voedingskwaliteit bij een bepaald klimaat, ...). Deze gevolgen behoren tot het register van de traumatische, besmettelijke en nutritionele effecten voor de populaties. Zo krijgt Europa (in de toekomst) door de opwarming bijvoorbeeld te kampen met besmettelijke ziekten die overgedragen worden door insecten, water of voeding (ziekte van Lyme, chikungunya, diarree en infecties van de ademhalingswegen). In de landen in ontwikkeling zijn de sanitaire risico's als gevolg van het klimaat al goed bekend en er wordt gestreefd naar de vernietiging van sommige ziektedragers of naar een verbetering van de levensomstandigheden. In ontwikkelde landen echter, waar de socio-economische voorwaarden en de blootstelling aan ziektedragende insecten totaal anders liggen, zullen de sanitaire gevolgen van klimaatverandering zeker even reëel, zij het minder sterk zijn.



Aangezien klimaatveranderingen dus echt wel gevolgen hebben voor de gezondheid en het welzijn van mens en dier, is dit meer dan ooit een nieuwe uitdaging voor degenen die begaan zijn met hun bescherming.

Het onderzoek staat nog in de kinderschoenen...

Onze kennis over het verband tussen klimaat, klimaatverandering en gezondheid mag de afgelopen tien jaar dan wel aanzienlijk gegroeid zijn, er blijven nog tal van hiaten over de toekomstige blootstelling op dit gebied, de kwetsbaarheid van de populaties, hun aanpassingsvermogen ... en dat betekent een uitdaging voor de regeringen die snel op deze veranderingen moeten reageren.

Een van de belangrijkste aspecten van het probleem dat diepgaand onderzoek vereist, is dat er geen eenduidig oorzakelijk verband bestaat tussen de klimaatverandering en de gevolgen voor de gezondheid. Er spelen immer tal van factoren, die elkaar versterken of verstoren, een rol bij het verschijnen van een ziekte. Ook de individuele kwetsbaarheid en de psychosociale, economische en ecologische omstandigheden van het individu spelen mee. Er zijn bovendien weinig of geen voorspellende modellen of scenario's over kwetsbaarheid; er zijn geen referentiepunten voor de gezondheidstoestand en het blootstellingsniveau van een populatie aan verschillende factoren. Dit zijn nochtans onontbeerlijke gegevens voor elke vorm van gerichte en doeltreffende preventie, waarmee het eenvoudige voorzichtigheidsprincipe overstegen kan worden op dit nog te onbekend terrein.

Door de rationele, geloofwaardige en coherente houding ligt het onderzoek ook aan de basis van een sterke bewustmaking van de politici en het publiek inzake de sanitaire gevolgen van klimaatveranderingen. Het onderzoek moet ze aanmoedigen om de nodige maatregelen te nemen voor aanpassing, tempering tot zelfs oplossing.

© Belpress

Het onderzoek ter ondersteuning van de besluitvorming kan bijvoorbeeld bijdragen aan de ontwikkeling van instrumenten om de kwetsbaarste populaties in kaart te brengen (bijv. voor ozonpieken, hittegolven of overstromingen). Het draagt bij aan de evaluatie van bestaande hulpmiddelen en aan het ontwerp en de ontwikkeling van sanitaire bewakingssystemen, methoden voor vroegtijdige opsporing (met name van besmettelijke ziekten), de ontwikkeling van analyses en bewaking van potentiële risico's (overstromingen, besmetting,...). Wetenschappelijk onderzoek kan ook bijdragen aan de ontwikkeling van methoden voor standaardisatie en harmonisatie van de verzameling van gegevens over klimaat, milieu, sterfte en ziekte...

Het programma "Wetenschap voor een duurzame ontwikkeling": een steentje bijdragen

We hebben gezien dat het verband tussen de gezondheid en het klimaat zeer onrechtstreeks is, en dat er een aantal factoren en dragers een rol spelen in de overdacht van ziekten: water, grond, lucht, dieren als levend reservoir voor overdacht van ziekten... De gevolgen voor de gezondheid en het welzijn van mens en dier lopen sterk uiteen. Het programma "Wetenschap voor een duurzame ontwikkeling" draagt bij aan de studie van verschillende aspecten van het probleem door projecten over de thema's "gezondheid en milieu", "agrovoeding", "terrestrische en mariene ecosystemen" en "biodiversiteit".



Wordt het beste bewijs niet geleverd door de toepassing van "hittegolvenplannen" in verschillende Europese landen? Door de enorme sanitaire gevolgen van de hittegolf van augustus 2003 werden overal in Europa tal van onderzoeken uitgevoerd om te helpen bij het opzetten van actieplannen op gebied van bewaking en waarschuwing van de bevolking. Door de regelmatige metingen van gevoelige meteorologische parameters dienden deze sensibiliseringscampagnes voor de meest kwetsbare populaties ook de zorgverstrekkers in spoeddiensten en eerstelijns geneeskunde. Het nationale plan "Hittegolf en ozon" dat in België ontwikkeld werd, is een voorbeeld van efficiëntie. Het originele is dat het de effecten van de gemiddelde dagen- en nachttemperaturen in verband brengt met de concentratie van troposferisch ozon. Op basis van deze twee parameters werken de vroegtijdige waarschuwingssystemen.



Mobilisatie en een gecoördineerde aanpak op federaal niveau

De federale overheid toont tegenwoordig een duidelijke wil om een platform "leefmilieu en gezondheid" waarin ook klimaatverandering aan bod komt, op te zetten. Het Federaal Wetenschapsbeleid zou hierin een sleutelrol spelen. Het platform moet de plaats zijn waar afgewogen wordt welke maatregelen aangemoedigd moeten worden (en welk ondersteunend onderzoek gevoerd moet worden) op gebied van aanpassing van het volksgezondheidsstelsel aan klimaatveranderingen. Het zal een raakvlak zijn tussen onderzoek en besluitvorming waarin de bij de problematiek betrokken actoren op nationaal niveau bijeengebracht worden.

Tijdens de conferentie van de Wereldgezondheidsorganisatie in Helsinki hebben de Lidstaten zich ertoe verbonden elk een nationaal actieplan voor leefmilieu en gezondheid (NEHAP) op te zetten.

Emmanuèle Bourgeois
(m.m.v. Aline van der Werf, Bart Verhagen en Reginald Moreels)



Europese Commissie: Aanpassing aan klimaatveranderingen in Europa (2007):
ec.europa.eu/environment/climat/adaptation/index_en.htm

WGO: Impacts sanitaires des changements climatiques - Aide mémoire (2005):
www.euro.who.int/mediacentre/PR/2005/20051205_1

NEHAP: Nationaal milieu-gezondheidsplan voor België:
www.nehap.be

In 2003 heeft België zijn eigen actieplan gelanceerd. Het NEHAP biedt een coherent actie kader voor de verschillende institutionele partners die bevoegd zijn in deze materie: Federale Overheid, Gewesten, Gemeenschappen. Het plan omvat een reeks concrete aanbevelingen. Door middel van een samenwerkingsakkoord kan er financiële steun toegekend worden aan projecten en acties die bijdragen tot de verbetering van de gezondheid en/of het leefmilieu in ons land.

Er zijn ook nog andere initiatieven, met name om mee te werken aan één van de recente Europese projecten van ERANET (Europees netwerk van "research funding agencies") in leefmilieu en gezondheid (ERA_ENVHEALTH: 20 partners). Dit is gericht op het uitschrijven van een oproep voor gemeenschappelijke projecten over klimaatverandering en de weerslag van het leefmilieu op de gezondheid. België hoopt zo zijn wetenschappelijk potentieel tot zijn recht te doen komen door de vorsers aan te moedigen om op Europees niveau mee te werken aan thema's die, wat men er ook over moge zeggen of beslissen, de landsgrenzen overschrijden. Naast het nastreven van deze doelstelling biedt de medewerking aan ERA_ENVHEALTH bovendien de mogelijkheid om de band tussen de wetenschappelijke wereld en die van de strategische en politieke besluitvormers duurzaam te versterken en onderhouden.

Pollen zijn een bron van allergieën.
© Belpress



Is er een toekomst voor onze bossen in een veranderd klimaat?

Een beukenbos in Halle. Tot verdwijning gedoemd? © Belpress

Het kost tientallen jaren voordat een beuk, eik, spar of den volgroeid is en een exploiteerbare omvang bereikt. De bomen die we vandaag planten, zullen in de komende decennia lijden onder de wereldwijde opwarming en de brutale en discontinue klimaatveranderingen die de wetenschappers ons voorspellen. En omdat deze klimaatveranderingen zich binnen één enkele generatie zullen voltrekken, zal de boom zich niet genetisch kunnen aanpassen aan de nieuwe omstandigheden. Van de dominante soorten in onze bossen zijn de zomereik, de beuk en de spar bijzonder gevoelig aan de warmte en het gebrek aan water in de zomer. Zij zullen dus het sterkst lijden onder de komende verandering en dreigen op termijn te verdwijnen uit het boslandschap van laag- en midden-België.

Nochtans wijzen een aantal indicatoren er vandaag op dat de bossen gezond zijn: ze renderen goed. De bomen lijken sneller te groeien, waarschijnlijk gestimuleerd door het hogere CO₂-gehalte in de atmosfeer, dat een essentieel element is in de fotosynthese. Waar zouden we ons dan zorgen om maken? In het kader van het BELFOR-project hebben onderzoekers aan de hand van voorspellende modellen van klimaatveranderingen gekoppeld aan een analyse van de ecofysiologie van het bos, aangetoond dat deze groei limieten heeft. De begrenzenende factoren zijn met name de vruchtbaarheid van de bodem en variaties in de lichtinval door het bladerdek.

Andere indicatoren zijn daarentegen veel verontrustender. De resultaten van het Europese bewakingsprogramma van de gezondheid van de bossen (ICP forest) wijzen erop dat de gezondheidstoestand en de leefbaarheid van bomen verre van uitstekend zijn; in 2007 vertoonde ongeveer een kwart van de door het Europese bewakingsnetwerk bestudeerde bomen sterk beschadigde kronen (ontbladeringspercentage > 25%). De oorzaak ligt in een aantal factoren waaronder de zomerdroogte, stormen, insecten- en zwammenplagen, luchtvervuiling en mineraaltekorten in de bodem. Het geheel van deze factoren verklaart ook de hoge mortaliteit bij beuken waargenomen in Wallonië rond het jaar 2000.

We moeten dringend een duurzame toekomst verzekeren voor de bossen. We moeten vandaag nadenken over bosbouwpraktijken die rekening houden met het probleem van klimaatverandering en die verenigbaar zijn met de talrijke functies en diensten die verwacht worden van het bos. Dit is een enorme uitdaging: bossen dekken zowat een kwart van ons grondgebied!

De duurzame toekomst van onze bossen wordt vandaag bepaald

De klimaatfactoren zijn een extra drukfactor op onze bossen, die nu al onderworpen worden aan een zware beproeving door de versnippering, de luchtvervuiling, de bodemverarming en biotische stress. De aanpassing aan de klimaatverandering moet al deze factoren integreren. De meest gepaste strategische keuzen zullen voortkomen uit een nauw overleg tussen wetenschappelijke experts uit alle vakgebieden en bosbeheerders.

Sinds de jaren 90 zetten het Federaal Wetenschapsbeleid en de regionale overheden bevoegd voor bosbeheer zich in voor de financiering van onderzoek dat enerzijds moet leiden tot een beter begrip van de wisselwerkingen tussen bomen, bossen en klimaatfactoren en anderzijds helpen om de risico's te voorzien en zich erop voor te bereiden.

Hoe beïnvloedt het klimaat het bos?

Aan de basis van het onderzoek staan de volgende vragen: welke klimaatfactoren zijn verantwoordelijk en hoe werken ze?

Volgens de scenario's zullen de Belgische bossen tegen 2050 onderworpen worden aan een gemiddelde temperatuurstijging van 1 tot 5°C, een toename van de regenval in de winter, schaarse neerslag in de zomer en langere, meer frequente hittegolven.

Al deze factoren zullen de fysiologie van de bomen, hun levenscyclus, de bodem en de bosbedekking treffen. De variaties in de hoeveelheid en het type zonnestraling hebben immers een rechtstreekse impact op de overleving van kiemplantjes, op de morfologie van de boom of de bladeren. Hevige wind breekt de takken en ontwortelt de bomen. Hevige regenval in de winter en droogte in de zomer verzwakken de bomen en bevorderen de ontwikkeling van ziekteverwekkende zwammen en insectenplagen. De opwarming van het klimaat gaat ook gepaard met de komst van een nieuwe stoet plagen voor de bomen. Ten slotte zal de verandering van de jaarlijkse en seizoensmatige temperatuur de fotosynthese en de ademhaling van de bomen, de bloeiperioden, het kiemen van de zaden en de productiviteit van de boom verstoren.

Wat kunnen we doen om het bos te helpen overleven?

Kunnen we tegen al deze dreigingen iets doen om het bos in staat te stellen zijn uiteenlopende functies te blijven vervullen en er dezelfde kwaliteit en een hoeveelheid hout uit halen als vandaag?

Er worden verschillende mogelijke pistes bestudeerd. Het Federaal Wetenschapsbeleid draagt bij tot het denkwerk via de onderzoeksprogramma's die het beheert in overleg met de bosbeheerders.

Een weloverwogen keuze van de soorten

Sinds een vijftiental jaar proberen de regionale bosbeheersdiensten bosbouwscenario's op te zetten om de resistentie van het bos voor klimaatveranderingen te versterken. Op bodems die weinig water vasthouden, bestuderen ze de mogelijkheid om beuken en sparren te vervangen door meer droogtebestendige soorten. Er worden financiële en reglementaire aanmoedigingsmaatregelen overwogen, onder de vorm van subsidies aan bosbezitters die bereid zijn om de bomen door meer bestendige soorten te vervangen. Onderzoek stroomopwaarts van deze beslissingen (FEFOCON-project) bestudeert de haalbaarheid van een reconversie van sommige populaties op economisch (kan er een equivalent rendement verwacht worden?), sociaal (hoe kunnen de bosbezitters overtuigd worden dat deze reconversie nuttig is) en ecologisch vlak (weerslag van het leefmilieu op de groei en de productiviteit van de vervangende soorten).

Terzelfdertijd zullen de maatregelen vermijden om het aanplanten van nieuwe soorten aan te moedigen die mogelijk beter aangepast zijn, maar die potentieel invasief van aard zijn, zoals de Amerikaanse vogelkers. Het is dus belangrijk om tegelijkertijd de invasieve mechanismen en risico's te bestuderen van uitheemse plantensoorten (dit gebeurt in de projecten INPLANBEL en ALIEN IMPACT).

Aangepaste beheerspraktijken

De aanpassingsmaatregelen moeten ook gericht zijn op het vermijden van monoculturen en moeten de diversiteit bevoor-

Het meten van de gassen, het water en de energiekringloop in bossen.

deren van de soorten in de populaties om de resistentie tegen biotische (plagen) en klimatologische stress te versterken. De resistentie van de populaties kan ook versterkt worden door de structuur van de bospopulatie aan te passen. De dichtheid kan verminderd worden door uitdunning of er kan een bosbouwtechniek van het type Pro Silva beoefend worden, die de diversiteit in leeftijden begunstigt (onregelmatige aanplantingen) en de exploitatieomvang vergroot (zie ook XYLOBIOS-project).

Er valt echter niet uit te sluiten dat de keuze van nieuwe soorten en/of nieuwe praktijken van bosbeheer eerder bepaald zal worden door onze keuze voor energie in plaats van de klimaatrisico's. Het zou immers kunnen zijn dat het beleid en de maatregelen die gericht zijn op biomassa en stookhout de aanplanting bevorderen van snelgroeiende soorten met een snelle turnover.

Een geïntegreerd onderzoeksbeleid voor bosbouw

Het is dus dringender dan ooit om instrumenten te ontwikkelen voor de evaluatie van deze maatregelen, op economisch, ecologisch en sociaal vlak. Dat impliceert het instellen van een geïntegreerd onderzoeksbeleid voor bosbouw met een langetermijnvisie. Dit moet afgestemd zijn op de mogelijkheden van onze Europese bureaus en de wetenschappelijke bosbouwgemeenschap, de beheerders en de vele gebruikers van het bos activeren rond de specifieke vragen over de toekomst van onze bossen. Het FORBIO-project moet dienen als katalysator voor deze samenwerking.

Aline van der Werf en Etienne Branquart



De vermelde projecten worden meer in detail beschreven op de website www.belspo.be/SSD

BELFOR (PODO I) (1996-2000): Biochemische cycli van bosesystemen in relatie tot Global Change en Duurzame Ontwikkeling

"Grasbermen" (PODO II): Invasie en biodiversiteit in graslanden en perceelsranden

FORBIO (SSD-cluster): Effecten van boomsoortendiversiteit op het functioneren van bosesystemen

FEFOCON (PODO II, gemengde actie): Haalbaarheid van bosvorming : geïntegreerde evaluatie van sociale, economische en milieuaspecten

ALIEN IMPACT (SSD): Impact van sterk invasieve exotische planten op de biodiversiteit: mechanismen, amplificerende factoren, en risico-analyse

XYLOBIOS (PODO II): Diversiteit, ecologie en rol van saproxylole organismen in Belgische loofbossen

Belgian 4th National Communication to UNFCCC

EU Green paper : impacts and adaptation. Sectoral report agriculture and Forestry





Klimaat en landbouw, een broos partnerschap

Landbouw is onontbeerlijk voor de overleving van de soorten. Het gaat hier om de exploitatie van de aarde (teelt), het bos (bosbouw), de zee, de meren en rivieren (visteelt, visvangst), de dieren (veeteelt, jachtbeheer), allemaal activiteiten die sterk afhankelijk zijn van de klimaatomstandigheden. Er zullen de komende jaren ontelbare moeilijkheden overwonnen moeten worden, als we de talrijke modellen die door wetenschappers ontwikkeld zijn moeten geloven.

Het klimaat beïnvloedt de landbouw...

De fenologie van de dieren en planten kan inderdaad ingrijpend veranderen. Als we het belang kennen van positieve (symbiose) of negatieve samenlevingsmechanismen (parasitisme, predatie, competitie, ...) die sommige plantensoorten met elkaar verbinden; of planten met zwammen (Mycorrhizae), of planten en pollenoverdragende insecten die onontbeerlijk zijn voor de overleving van sommige planten, worden we onvermijdelijk doordrongen van de kwetsbaarheid van deze

partnerschappen. Tarwe bijvoorbeeld groeit zoals vele andere grasachtigen beter dankzij endomycorrhizae. Dit kwetsbare evenwicht zal waarschijnlijk verstoord worden door de klimaatveranderingen. Het is duidelijk dat dit dramatische gevolgen kan hebben voor de landbouw en de voeding.

De klimaatverandering zal dus bepalende gevolgen hebben voor de landbouwpraktijken en de keuze van geteelde soorten, op de verspreiding van plagen, virus- en bacterieziekten en adventieven (kruiden of struiken die niet gewenst zijn op de plaats waar deze zich bevinden, "onkruid"). Droogte, overstromingen, veranderingen in de samenstelling van de atmosfeer en temperaturen zijn een vorm van stress waarop gekweekte planten stellig op de ene of andere manier zullen reageren. Het OFFQ-project, ondersteund door het Federaal Wetenschapsbeleid, bestudeert de invloed van het troposferische ozongehalte op de voedingswaarde van de geproduceerde voedingsbronnen en op het rendement van de landbouw aan de hand van Brassicaceae (koolfamilie, van het oliëvormende koolzaad...) als model.



Experimentele kweekbakken met klimaatcontrole van het MYCARBIO-project. De kweekbakken worden gebruikt om de verschillende scenario's van klimaatverandering te simuleren en de gevolgen ervan voor de biodiversiteit van graslanden te bestuderen.

...en omgekeerd

Land en bosbouw hebben een weerslag op het klimaat en dragen respectievelijk 13,5% en 17,4% bij aan de uitstoot van broeikasgassen. Deze uitstoot van N_2O en de CH_4 komt voornamelijk van landbouw en het gebruik van chemische meststoffen en rijstteelt. Bossen en graslanden zijn daarentegen een belangrijke opslagplaats van koolstof. Het MYCARBIO-project bestudeert het belang van arbusculaire mycorrhizazwammen voor de biodiversiteit en de koolstofcyclus in de grasveldecosystemen onder druk van de klimaatverandering.

Ecosystemen zoals de bossen, zijn belangrijke bronnen van vluchtige organische stoffen (zogenaamde "biogene stoffen" vanwege de biologische oorsprong). Deze VOS zijn sterk reactief en hebben een mogelijk belangrijke weerslag op de samenstelling van de atmosfeer en de kwaliteit van de lucht. Een goed inzicht in de invloed die het klimaat kan hebben op de uitstoot van deze VOS is dus essentieel en dat wordt gerealiseerd door het IMPECVOC-project.

De keuzen en het onderzoek zijn dus belangrijk

De keuze die we ons stellen op gebied van productiewijzen (intensieve/extensieve landbouw, grondbedekking door bossen/velden, akkerbouw/veeteelt, exploitatie van biomassa

Experimenteel meetinstrument voor de uitstoot van BVOS ter hoogte van het bladerdak.



voor productie van energie/voedsel) maar ook op gebied van consumptiewijzen (lokale, seizoens- en milieuvriendelijke t.o.v. exotische producten...) spelen een essentiële rol in het klimaat van morgen. Zo heeft het project "Instrumenten en instituten ter ontwikkeling van lokale voedselsystemen (LVS)" tot doel na te gaan of LVS kunnen bijdragen tot meer duurzame productie- en consumptiepatronen en hoe hun ontwikkeling ondersteund kan worden.

De interactie tussen klimaat en landbouw is dus zoals men ziet een delicaat partnerschap met multi-pele en complexe interacties, dat behouden moet blijven door het beheersbeleid te steunen op precieze onderzoeksmodellen, rekening houdend met alle parameters die dit broze evenwicht regelen en waarvan wij allen afhankelijk zijn.

Dimitri Harmegnies en Christine Mathieu



OFFQ: Impact van troposferisch ozon op de voedsel- en voederkwaliteit van Brassicaceae:

www.belspo.be/belspo/fedra/proj.asp?nl&COD=SD/AF/02A

MYCARBIO: Impact van mycorrhizae op de biodiversiteit en de koolstofbalans van graslandecosystemen onder gewijzigde klimaatomstandigheden: rch.adre.ucl.ac.be/browse/list_fac/MBLA/pending/10027275

IMPECVOC: Impact van fenologie en omgevingscondities op de emissie van BVOS door bosecosystemen:

www.impecvoc.ugent.be/

Instrumenten en instituten ter ontwikkeling van lokale voedselsystemen:

www.belspo.be/belspo/fedra/proj.asp?nl&COD=CP/59

Nog een gevaar voor de biodiversiteit?

In wetenschappelijke kringen is men het er nu wel over eens dat de snelle klimaatverandering van menselijke oorsprong die we nu meemaken steeds duidelijkere gevolgen heeft voor de biodiversiteit. De laatste jaren hebben de waarnemingen hierover zich opgestapeld...

Van een groot aantal soorten werd een verschuiving opgemerkt in de geografische verspreiding. Dit geldt in het bijzonder voor de polen of gebieden op grote hoogte. Zo zijn er bij ons een aantal organismen verschenen uit de zuidelijke gebieden, zoals de braamparelmoervlinder en de vuurlibel; van andere soorten, zoals de Noordse glazenmaker en de adderlopen de aantallen zo sterk terug, dat hun aanwezigheid bij ons bedreigd wordt. Wanneer de mogelijkheden voor migratie van organismen beperkt worden door de versnippering van hun habitat of hun voorkomen in extreme gebieden, zoals bergtoppen of polen, wordt de overleving van de soort bedreigd door de klimaatverandering. De ijsbeer is daarvan een symbool...

Aanpassen of uitsterven

Door de opwarming van het klimaat hebben sommige soorten die (per ongeluk of niet) werden geïmporteerd zich kunnen vestigen in onze gebieden. Dit is het geval voor de Japanse oester die onze inheemse mosselen verdringt. De tijgermug uit Azië die ziekten overbrengt als gele koorts, knokkelkoorts en chigunkunya, zou zich bij ons ook kunnen voortplanten.

Bij sommige soorten werden door de klimaatverandering ook verschuivingen waargenomen in de fenologie (dit is de chronologie van seizoensmatige gebeurtenissen in de levenscyclus van levende wezens zoals bloei, nestbouw, migratie,...). Zo komen sommige trekvogels, zoals de gierzwaluw, vroeger terug uit Afrika; andere vogels, zoals de mezen, bouwen hun nest steeds vroeger. Soms kunnen de fenologische aanpassingen bestaande interacties tussen soorten totaal in de war gooien. De desynchronisatie tussen het openen van een bepaalde soort bloem en de bestuivende soort kan zowel de overleving van de plant bedreigen als die van het betrokken insect...

Deskundigen van het IPCC voorspellen dat 20 tot 30% van de dieren- en plantensoorten kunnen verdwijnen als de gemiddelde wereldtemperatuur meer dan 1,5 tot 2,5°C stijgt.



Een onvervangbare natuurlijke rijkdom

Vuurlibel © Belpress

Een snelle verandering van het klimaat kan dus rampzalige gevolgen hebben voor de biodiversiteit. Dit is des te zorgwekkender aangezien de lijst met bedreigingen voor de biodiversiteit reeds erg uitgebreid is (zoals de vernietiging en versnippering van habitats, vervuiling, overexploitatie en biologische invasies) nog eens verlengd wordt. De verarming van de biodiversiteit is niet alleen een onaanvaardbaar verlies, maar ook een gevaar voor de diensten die de ecosystemen (een ecosysteem is een geheel van levende wezens en hun onderlinge wisselwerking en de niet-levende componenten in een bepaald gebied) betekenen voor de mens: voedselbevoorrading, beheersing van ziekten, waterzuivering, vruchtbaarheid van de bodem, bestuiving, recreatie en... regeling van het klimaat om er maar enkele te noemen. De tijd dringt dus om de interacties tussen klimaatverandering en biodiversiteit beter te begrijpen en zodoende de afkalving van deze onvervangbare natuurlijke rijkdom proberen in te dijken.

Wetenschap in actie met het Biodiversiteitsplatform

Het probleem is enorm en de toestand is dringend, en daarom werd het biodiversiteitsplatform gemobiliseerd. In april

De biodiversiteit speelt een belangrijke rol in de veerkracht van ecosystemen, oftewel hun vermogen om na een verstoring terug te keren tot een normale ontwikkeling. Hoe groter de diversiteit aan soorten in een ecosysteem, hoe groter de kans dat er een aantal zijn die een gelijkaardige rol vervullen (functionele redundantie) en dat één ervan op zijn minst de verstoring overleeft. De verarming van de biodiversiteit als gevolg van de snelle klimaatverandering kan dus de ecosystemen kwetsbaarder maken en zo de diensten die ze aan de mens leveren in gevaar brengen.

We mogen niet vergeten dat de wisselwerkingen tussen klimaat en biodiversiteit geen eenrichtingsverkeer zijn en dat de biodiversiteit zelf een belangrijke rol speelt in de regeling van het klimaat. Zo wordt CO₂ opgeslagen door bossen en oceanen via de fotosynthese en vorming van kalk. Door zo de rol te vervullen van "koolstofput", verminderen bossen en oceanen dus het broeikas effect en vertragen ze de opwarming van de aarde... Een reden te meer om de biodiversiteit te behouden! Maar de complexiteit van het systeem gaat nog verder! CO₂ dat in de oceanen oplost, zorgt voor een verzuring van het zeewater. Dit heeft ook weer een invloed op mariene organismen, met name deze die kalkstructuren opbouwen zoals koraal en coccolithoforen, en dit verstoort de mariene voedselketen.

Oesters uit de Stille Oceaan

Of ze nu per ongeluk geïmporteerd werden of niet, sommige soorten die zich normaalwijze niet kunnen aanpassen bij ons, overleven nu wel door de opwarming van de aarde. In de Noordzee zijn de oesters uit de Stille Oceaan nu wijdverspreid en ze beconcurreren onze mosselen.

Bladluizen

De meeste bladluissoorten worden normaal binnen de perken gehouden door de hevige winterkoude. De zachte winters, zoals we deze nu kennen, veroorzaken grote plagen bij granen, rozen en fruitbomen.

Mezen

De verzachting van de koude seizoenen heeft gevolgen voor de migratie. Bepaalde soorten beperken hun migratiegedrag, maar staan machteloos voor een plotse koudegolf. Andere, zoals de zwaluw, komen vlugger terug uit Afrika. Niet-migrerende soorten zoals de mezen, zijn geneigd om steeds vroeger te nestelen. Dit heeft dodelijke gevolgen voor de jongen bij een plotse koudegolf die bij het begin van de lente nog kan voorkomen.

Vuurlibel

Sinds meerdere jaren komen bepaalde soorten bij ons meer voor. Een voorbeeld: de vuurlibel die nu langs de Franse grens vast deel uitmaakt van het milieu.

De Waterteunisbloem

Deze waterplant afkomstig uit Zuid-Amerika, is in Europa ingevoerd, maar hier heeft hij geen predatoren of parasieten die zijn groei kunnen afremmen. Nadat hij het hele Franse grondgebied van zuid naar noord heeft gekoloniseerd, valt hij nu België aan via het kanaal van Roubaix. De plant vormt zeer dichte en homogene tapijten op de oevers en de wateroppervlaktes. Dit heeft een hele reeks secundaire effecten: competitie met inheemse soorten, eutrofiëring en geleidelijke verstikking van het milieu.

De adder

Aangepast aan het koude klimaat, kent deze soort een grote inperking van zijn reproductiegebied en is ze verdwenen uit de meeste terreinen waar ze in laag- en midden-België voorkwam.

Diversiteit en bedreigde soorten

Infografie gerealiseerd door Le Soir in samenwerking met het Biodiversiteitsplatform.

2007 heeft ze een rondvraag georganiseerd bij het publiek om te evalueren hoe de problematiek van klimaatverandering in België wordt gevoeld in verschillende sectoren die betrokken zijn bij biodiversiteit (natuurbewoud, bos-, landbouw en tuinbouw, visvangst, ontwikkelingssamenwerking, gezondheid en toerisme). De voornaamste lessen die uit deze bevraging getrokken konden worden, zijn de volgende: (1) de meeste respondenten menen dat de veranderingen in biodiversiteit door de klimaatverandering nu al gevolgen hebben op hun activiteiten en dat dit de komende jaren nog zal verergeren; (2) ze eisen meer toegepast onderzoek dat hen kan helpen om de klimaatverandering op te vangen of zich eraan aan te passen en (3) een betere kennisoverdracht van wetenschappers naar de sectoren, met name via vulgariserende publicaties.

Ter gelegenheid van de werelddag van de biodiversiteit in 2007, heeft het platform een conferentie georganiseerd over

het thema "Biodiversiteit en klimaatverandering". Op de eerste dag van het colloquium, waar Belgische en buitenlandse onderzoekers elkaar ontmoetten, werd er een stand van zaken opgesteld van het wetenschappelijk onderzoek in België over de wisselwerkingen tussen klimaatverandering en biodiversiteit. De verzamelde wetenschappers hebben dan aanbevelingen geformuleerd voor de beleidsmakers. In dit document identificeren ze onderzoeklijnen die voorrang moeten krijgen om de wetenschappelijke uitwerking van plannen en maatregelen voor attenuatie en/of aanpassing aan klimaatverandering mogelijk te maken. Deze aanbevelingen volgen vijf grote lijnen: (1) de klimaatscenario's op Belgische schaal verkleinen, (2) meer onderzoek over de wisselwerkingen tussen biodiversiteit en klimaatverandering, (3) opvolging van de veranderingen in biodiversiteit op schaal van populaties, soorten en ecosystemen, (4) het beheersbeleid bijsturen in functie van de klimaatverande-



De notelaar

Door de zachte winters ontstaat er een tijdsverschil in de bloeiperiodes van de planten die in de lente bloeien. Dit jaar hebben de notelaar en de els een maand voorsprong op de klassieke pollenkalender.

De beuk

Deze boom is bijzonder gevoelig voor een gebrek aan vocht in de atmosfeer en aan hoge temperaturen in de herfst. De laatste twee zomers leden ze erg onder de grote droogte, vooral in laag- en midden-België. Zien we binnenkort het einde van de majestueuze beuken van het Zoniënwoud?

Tijgermuggen

Het gaat om een tropische soort die in principe niet in onze streken voorkomt. Maar deze drager van ziektes zoals Chikunkunya, gele koorts en dengue werd per ongeluk ingevoerd met het transport van oude banden uit Azië. Als het klimaat nog verder opwarmt, kan deze soort zeker de winters overleven, terwijl ze zich op het ogenblik niet kan voortplanten. Er wordt echter gevreesd dat ze zich in de Kempen al wel voortplant.

De klimaatverandering is geen nieuw verschijnsel. De aarde heeft op de geologische tijdschaal immers ijstijden en tussenijstijden meegemaakt. Geen van deze veranderingen is echter zo snel ingetreden als de huidige verandering die door de mensen veroorzaakt wordt. De snelheid van deze verandering is een echte uitdaging voor planten en dieren, die slechts één keus hebben: aanpassen of uitsterven!

Meervallen

Deze grote katvis (hij kan een lengte van twee meter bereiken), die in de bedding van de Donau leeft, houdt van warmer water. Hij wordt gekweekt in de Maas, niet ver van Tihange. Is hij ontsnapt? Werd hij geïntroduceerd door enkele onvoorzichtige vissers? Het is in ieder geval duidelijk dat hij gedijt buiten de zones bestemd voor de piscicultuur. Men vindt hem nu zelfs in de beneden-Samber.

Het korhoen

De laatste korhoenen van de Hoge Venen werden reeds erg bedreigd door de fragmentering van hun habitat. Nu worden ze nog meer in gevaar gebracht door de dunnere sneeuwlaag in de winter. De korhoenen bouwen normaal hun 'iglo' in deze laag. (nvdr: in de Kalmthoutse Heide is het korhoen, ondanks verwoede pogingen tot reïntroductie, al jaren uitgestorven.)

Noordse glazenmaker

In de loop van de laatste decennia, is deze soort gewoon verdwenen uit de Kempen en zelfs op de hoogste toppen van de Ardennen komt ze nog slechts sporadisch voor. Ze staat op het punt uit te sterven bij ons.

Teken

Deze insecten dragen een parasiet verantwoordelijk voor de ziekte van Lyme. Door een gevoelige verzachting van het klimaat is de populatie de laatste decennia enorm toegenomen. De beet van de teek is vooral bedreigend voor de houthakkers en andere gebruikers van het bos.

Ringoogparelmoervlinder

Sterk bedreigd. Deze typische vlinder voor de natte weiden van de Ardennen kent de laatste jaren een sterke teruggang van zijn populatie. Oorzaak: de klimaatverandering!

Braamparelmoervlinder

Deze vlinder arriveert bij ons! Hij werd voor het eerst geobserveerd in 2006. Hij komt België binnen via de Gaume.

© Le Soir

ring en (5) betere kennisoverdracht. Deze aanbevelingen werden op de tweede dag voorgesteld aan het publiek in een colloquium dat zich meer richtte tot de bestuurders en het personeel van de betrokken overheden.

Het biodiversiteitsplatform wil het niet daarbij laten en wil zijn acties voortzetten. Het wil nu een thematisch forum opzetten waarin wetenschappers en sectorvertegenwoordigers bijeenkomen en uitgenodigd worden om te overleggen hoe de praktijken in een sector aangepast kunnen worden om de gevolgen van de klimaatverandering op de biodiversiteit te beperken. Dergelijke werkgroepen kunnen voor de verschillende betrokken sectoren opgezet worden. De meest direct betrokken sector is die van natuurbescherming, en daar zal de eerste vraag luiden: "Hoe moeten de strategieën voor natuurbescherming aangepast worden om de gevolgen van klimaatverandering op de biodiversiteit te beperken?"

De voorstellen voor aanpassing van de huidige praktijken in natuurbeheer, maar ook de onderzoekspistes die ontwikkeld moeten worden en voorrang moeten krijgen om eventuele lacunes te vullen, zullen het onderwerp zijn van een groenboek gericht aan de bevoegde overheid.

Het platform is als raakvlak tussen wetenschap en politiek de aangewezen instantie om de nodige wetenschappelijke informatie ter beschikking te stellen van politici om coherente actieplannen op te stellen die de gevolgen van klimaatverandering op de biodiversiteit kunnen verminderen.

Erika Baus



Het biodiversiteitsplatform:

www.biodiversity.be

> outputs > event "climate change and biodiversity"

Klimaatverandering en de Noordzee

Het rapport van het IPCC (2007) geeft onder meer aan dat de gemiddelde zeeniveaus iedere tien jaar met 3,1 cm zullen stijgen, dat de oceanen al zijn opgewarmd tot een diepte van 3 km, dat tot 40% van alle soorten kunnen uitsterven en dat de weersomstandigheden extremer kunnen worden, met intensere orkanen en stormen.

Deze veranderingen hebben een ernstig effect zowel op ecologisch als sociaaleconomisch vlak.

In vergelijking met de oceanen is de Noordzee maar een vrij kleine zeewatervijver, maar ze herbergt een grote rijkdom aan leven. In de zeebodem en het water leeft een grote verscheidenheid aan dieren en planten. Aan de andere kant wordt de Noordzee ook gekenmerkt door een drukke scheepvaarttrafiek, intensieve visserij, toerisme, tal van offshore-activiteiten zoals olie- en gaswinning, de aanwezigheid van

kabels en pijpleidingen, zand- en grindextractie en de toekomstige aanwezigheid van windmolenparken. Dit intensief gebruik maakt dat het ecosysteem onder een sterke druk staat. Het heeft eveneens als gevolg dat de kwetsbaarheid van de ecologische, sociale en economische gemeenschap in en rond de Noordzee zeer hoog ligt voor effecten van bijkomende veranderingen, zoals klimaatverandering.

Terwijl preventieve maatregelen zoals het terugdringen van uitstoot van broeikasgassen noodzakelijk zijn om het probleem aan te pakken aan de bron en op lange termijn, zijn er intussen aanpassingsmaatregelen noodzakelijk om de directe en indirecte effecten van klimaatverandering te bestrijden. Het is net dit laatste dat het CLIMAR-project zal bestuderen voor de verschillende activiteiten op de Belgische Noordzee.



Opwarmende en stijgende Noordzee

De klimaatverandering veroorzaakt tal van directe effecten op de Noordzee. Deze effecten omvatten onder andere de zeespiegelstijging, het mogelijk meer voorkomen van zware stormen, een toename in neerslagvariatie, verandering van erosie- en sedimentatiepatronen, temperatuurwijzigingen en veranderingen van het zoutgehalte.

Er blijven echter grote onzekerheden bestaan over de directe effecten van klimaatverandering en bovendien treden ook sterk regionale verschillen op. Tussen 1978 en 2002 is de temperatuur van het zeewater van de Atlantische Oceaan gestegen met 0,3 à 1°C terwijl in sommige gebieden een afkoeling werd waargenomen. De windsnelheid op de Noordzee zou sinds 1960 met 10% gestegen zijn en er zouden aanwijzingen zijn dat de wind over dezelfde periode van richting veranderde maar een Nederlandse studie toonde echter aan dat de windsnelheid afneemt.

Op basis van de resultaten van reeds uitgevoerd onderzoek werden door CLIMAR drie scenario's afgeleid voor de toestand van de Noordzee in 2100. Een gematigd, een warm en een onwaarschijnlijk "worst case"-scenario, dat de onzekerheid weergeeft. In het gematigd en het warm scenario wordt bijvoorbeeld een zeeniveaustijging verwacht in 2100 van respectievelijk 60 cm en 90 cm, terwijl voor het "worst case"-scenario rekening wordt gehouden met een zeespiegelstijging van zelfs 200 cm. Deze scenario's worden later gebruikt om de indirecte effecten te bepalen.

Een statistische analyse van de waterstanden aan de Belgische kust toont voor de periode 1927 tot 2006 een zeespiegelstijging te Oostende van 1,67 mm per jaar. Modellen die de huidige toestand van de zee beschrijven, kunnen ook gebruikt worden om de invloed van de veranderingen, zoals een stijging van de zeespiegel of een toename van de windsnelheid, te evalueren. Eerste tests met deze modellen tonen aan dat een stijging van het zeeniveau met 1 m reeds een verhoging met 10% van de bodemspanning (wrijving tussen zeewater en zeebodem en oorzaak van erosie) teweegbrengt aan de Westerscheldemonding en een daling nabij Nieuwpoort en Zeebrugge. Deze verandering kan duidelijke gevolgen hebben voor de biota die op of in de zeebodem leeft en op de afzetting van sedimenten.

Sardientjes van de Noordzee

Op basis van deze directe effecten kunnen indirecte effecten van klimaatverandering op het Noordzee-ecosysteem en de sociaaleconomische activiteiten (visserij, transport en haven, overstromingsgevaar, windenergie, etc.) bepaald worden.

Twee activiteiten worden in detail bekeken binnen CLIMAR: de visserij en de kustoverstroming. Vanuit deze twee case studies zal een extrapolatie uitgevoerd worden voor de andere menselijke activiteiten op zee.

De Belgische kustvlakte ligt maar op 2 à 4 m boven de zeespiegel wat ons land één van de kwetsbaarste landen maakt van Europa inzake overstroming. Een analyse van de Belgische kuststrook heeft een aantal zwakke schakels aangetoond, waar bij een extreme storm overstroming mogelijk is. De meest kritische zones zijn deze gelegen nabij steden zoals Oostende en Wenduine waarbij de duinen, de natuurlijke bescherming tegen overstroming, werden afgegraven voor de uitbouw van de steden of waar de stranden ver-smald werden. Verdere analyse dient nog echter uitgevoerd worden om de schade en slachtoffers te kunnen berekenen op basis van de opgestelde scenario's.

De stijging van de temperatuur van het zeewater heeft ook een invloed op de vispopulaties die in de Noordzee leven. Zo migreren meer en meer warmwatervissoorten vanuit het Zuiden (bijvoorbeeld sardienen en ansjovis) naar de Noordzee en belangrijke commerciële soorten, zoals kabeljauw,... trekken meer noordwaarts, waar het water koeler is. Deze veranderingen bedreigen de visvangst. De Belgische vloot maakt voornamelijk gebruik van een zeer gespecialiseerde visserij-techniek, de boomkor, en vist naar een welbepaalde doelsoort, de platvis. Rekening houdend met de hoge investeringskost, de hoge brandstofprijzen, dalende visstocks en de hele wetgeving en regulatie voor deze sector maakt dat zij zeer gevoelig is voor externe factoren naast klimaatverandering. Is een aanpassing mogelijk voor de Belgische visserijsector? Een vraag die door CLIMAR wordt bestudeerd.

David Cox



Evaluatie van de gevolgen van globale klimaatveranderingen en aanpassingsmaatregelen voor mariene activiteiten – CLIMAR (2007-2011)

Doelstelling: de ontwikkeling van een kader waarin de aanpassingsmaatregelen die worden genomen om de gevolgen van klimaatveranderingen te beheersen, kunnen geëvalueerd worden, en dit voor zowel de ecologische, de sociale als de economische aspecten van het Noordzeemilieu.

www.arcadisbelgium.be/climar/



EXPOSITION · TENTOONSTELLING · EXHIBITION
18.04.08 ATOMIUM 19.10.08



Rijksarchief
 Archives de l'État

EXPO 58



**ENTRE UTOPIE ET RÉALITÉ
 TUSSEN DROOM EN WERKELIJKHEID
 BETWEEN UTOPIA AND REALITY**

ATOMIUM SQUARE · 1020 BRUSSELS · INFO + 32 (0)2 475 47 77 · WWW.EXPO-1958.BE
OUVERT TOUS LES JOURS DE 10H À 19H · ALLE DAGEN OPEN VAN 10U TOT 19U · OPEN DAILY FROM 10 AM TO 7 PM

Éditeur responsable: Jullie Maquet, Première Eschwege, 1011 de Ville, Grand Place, 1000 Bruxelles. Karel Verbeke, Achtsaait ginderen, Achtsaait d'Éclat, Rue de l'Épicerie 2-4, 1000 Bruxelles. Verantwoordelijke uitgever: Jullie Maquet, Ernest Schepens, Stadhuis, Grote Markt, 1000 Brussel. Karel Verbeke, Agencement, Rijkswaerstraat 2-4, 1000 Brussel.





Meer overstromingen in de toekomst?

Hoe staan we daarvoor klaar?

De klimaatverandering beïnvloedt neerslag en verdamping, en heeft also een invloed op hydrologische extremen zoals overstromingen en watertekorten.

Klimaatscenario's voor neerslag en verdamping in België

Op basis van simulaties met mondiale en regionale klimaatmodellen zijn voor België regionale klimaatscenario's afgeleid voor neerslag en potentiële verdamping tot 2100. Hierbij zijn 20 simulaties met mondiale klimaatmodellen (IPCC archive) gebruikt, en 28 simulaties met 10 regionale klimaatmodellen (Europese project PRUDENCE), volgens 5 scenario's van toekomstige broeikasgasuitstoot. De klimaatscenario's zijn fysisch en statistisch in ruimte en tijd geëxtrapoleerd naar de schaal waarop hydrologische extremen zich manifesteren. Afhankelijk van het gekozen klimaatmodel,

simulatie en scenario verschilt de verwachte verandering in neerslag en verdamping sterk. De onzekerheid is met andere woorden bijzonder groot. In een "hoog scenario" wordt tijdens de wintermaanden een neerslagtoename van 30% verwacht tot 2100. Het "middenscenario" gaat uit van 12% toename, en het "laag scenario" van ongewijzigde neerslagvolumes. Tijdens de zomermaanden neemt de neerslag in totaal volume af (tussen 0% en 25%). De intensiteit van de zomerbuien zal toenemen, maar het aantal buien en bijgevolg ook de totale neerslaghoeveelheden in de zomer zullen verminderen. Bovendien zal er beduidend meer water verdampen, zowel in de winter als in de zomer.

Het tienjarenplan van de klimaatoscillaties

Naast een voorspelling van de toekomstige evoluties, wordt in het CCI-HYDR project ook een analyse gemaakt van de

© Belpress

veranderingen in het recente verleden. Klimaatverandering, door de toename van de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer, is reeds meer dan een eeuw aan de gang, en is vooral sinds een dertigtal jaar duidelijk merkbaar in de toename van de temperatuur. Op basis van een unieke dataset van het KMI met meer dan 100 jaar neerslaggegevens te Ukkel, zijn recente trends onderzocht in de neerslag. Hieruit blijkt dat de neerslaghoeveelheden in de winter in beperkte mate, maar duidelijk, zijn toegenomen vanaf de jaren 1990. Twee fenomenen blijken hier een rol te spelen. Enerzijds zijn er periodieke, multidecadale schommelingen in de neerslag. Tijdens de laatste 110 jaar waren er in Ukkel perioden met meer extreme regenbuien zoals in de jaren 1910 en 1920, de jaren 1960 en tijdens de laatste 15 jaar. De recente toename in neerslagextremen tijdens de laatste 15 jaar is het gevolg van een multidecadale oscillatiepiek in het klimaat. Voor de winter - dus voor neerslag die rivieroverstromingen induceert - is de toename in neerslagextremen verder versterkt door de klimaatverandering. Voor de zomerperiode - dus voor overstromingen langs rioleringen of stedelijke afwateringssystemen - heeft de klimaatverandering geen versterkend effect gehad.

Weerslag op hydrologische extremen

De invloed van de klimaatverandering op rivieren (kans op en herhalingsfrequenties, van piekafvoeren, overstromingen en laagwater) wordt doorgerekend via gecombineerde hydrologische en hydraulische modellen voor het Scheldeen Maasbekken. Verder worden de scenario's van klimaatverandering doorgerekend in rioleringsmodellen, om de invloed te bestuderen op de frequentie van rioleringsoverstromingen. Voorlopige resultaten voor de weerslag langs rivieren geven aan dat door de sterke daling in de zomerneerslag en de toename in de verdamping, de extreme laagwaterdebieten aanzienlijk zullen dalen. Voor een rivier zoals de Dender wordt er voor alle scenario's een duidelijke daling, tot meer dan 50% van de laagste jaarlijkse grondwaterafstromingen naar de rivier, gesimuleerd. Het is duidelijk dat dit de kans op laagwaterproblemen, waaronder drinkwatertekorten, onvoldoende diepgang voor de scheepvaart en verminderde waterkwaliteit, aanzienlijk kan doen toenemen. De toename van de kans op overstromingen, die vaak met klimaatverandering wordt geassocieerd, blijkt minder duidelijk uit de resultaten. Piekdebieten in de rivier kunnen toenemen of afnemen afhankelijk van de relatieve verhouding van de toename in winterneerslag versus de afname in zomerneerslag, en van de neerslagtoe-

name versus de toename in verdamping. Deze verhouding blijkt sterk afhankelijk van klimaatmodel en simulatie. In een rivier zoals de Dender blijken de piekdebieten in het "hoog scenario" met 20% toe te nemen.

Ecologische, economische en sociale consequenties

De verwachte evolutie in overstromingskansen heeft belangrijke implicaties voor sociaaleconomische en ecologische systemen. Wijzigende overstromingsrisico's vergen een passend beleid. De evolutie van het risico op overstromingen kan hierbij niet los gezien worden van parallele ontwikkelingen in de valleigebieden. Hierbij dient vooral gedacht te worden aan de toename van economische waarde in risicogebieden, urbanisatie, landbouwgebruiken, natuurbeheer, enz.

In het huidige beleid worden beslissingen over maatregelen tegen overstromingen gebaseerd op risicomodellering die - voor belangrijke projecten - geïntegreerd worden in een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). In een MKBA worden alle huidige en toekomstige voor- en nadelen gemonetariseerd en tegen elkaar afgewogen. Enkel maatregelen waarvoor de baten de kosten overstijgen, en dus de welvaart kunnen verhogen, zijn interessant vanuit een maatschappelijk oogpunt. In de praktijk worden er echter een hele reeks effecten buiten beschouwing gelaten. Vooral sociale en ecologische aspecten worden vaak niet of slechts zijdelings beschreven, laat staan in rekening gebracht. In de mate dat bepaalde baten niet beschouwd worden, zullen maatregelen niet ver genoeg gaan. Het ADAPT-project ondervangt deze tekortkomingen.

Patrick Willems en Lieven De Smet



CCI-HYDR - de weerslag van klimaatverandering op hydrologische extremen langs rivieren en rioleringen. (2005-2010):
www.kuleuven.be/hydro/CCI-HYDR.htm

ADAPT - naar een geïntegreerd beslissingsinstrument voor adaptatiemaatregelen - gevalstudie overstromingen. (2005-2010):
dev.ulb.ac.be/ceese/ADAPT/home.php



België werkt mee aan Unesco's strijd tegen de klimaatverandering

De Unesco bekommert zich over de relatie tussen de mens en zijn omgeving en over de noodzakelijke wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen daarrond. Doorheen verschillende programma's wordt nagegaan hoe mens en milieu reageren op de klimaatverandering, hoe een risicoanalyse best gebeurt, hoe de schadelijke gevolgen zoveel mogelijk kunnen beperkt worden en een aanpassingsstrategie kan uitgewerkt worden en hoe best de daartoe nodige data verzameld worden. Unesco zet zich ook in om de kennis voor alle belanghebbenden toegankelijk te maken. En ze helpt bij het identificeren van internationale coördinatiebehoeften en van de lacunes in de kennis om de wetenschappelijke samenwerking en ontwikkeling te bevorderen.

Specifieke activiteiten rond de klimaatproblematiek vinden we onder meer in de programma's IOC (Intergouvernementele Oceanografische Commissie), IHP (Internationaal hydrologieprogramma), WHP (Werelderfgoedprogramma) en MAB (Mens-en Biosfeerprogramma).

De weerslag van klimaatverandering op het natuurlijke en culturele erfgoed

Werelderfgoed getuigt van een uitzonderlijke universele waarde op natuurlijk of cultureel vlak. Begrijpelijk dat heel wat ongerustheid bestaat over de impact van de klimaatverandering op deze onvervangbare 'parels', door de eeuwen heen tot stand gekomen! Via het Werelderfgoedprogramma worden 851 unieke sites in 141 landen beschermd. Doordat deze onder constant toezicht staan zijn ze bijzonder geschikt om de impact van de klimaatverandering na te gaan. In 2007 werd het 'World Heritage Report 22' volledig aan deze problematiek gewijd. Er is ook een rapport uitgegeven waarin 26 gevalstudies de diverse soms ingrijpende gevolgen van de klimaatverandering op erfgoedsites aantonen, met name voor: gletsjers, mariene biodiversiteit, biodiversiteit op het land, archeologische sites en historische steden. De rapporten geven de aard en de omvang van de bedreiging weer, de verwachtingen voor de toekomst en de strategie en mogelijke maatregelen voor de beperking van de gevolgen. Op whc.unesco.org/en/climatechange/ kom je meer te weten.

Belgische onderzoekers aan zet !

■ mariene biodiversiteit (Indonesië): Koralen krijgen het tē warm

Koraalriffen zijn een uitzonderlijk rijke biotoop voor honderdduizenden soorten vissen en andere organismen, helaas zeer kwetsbaar voor klimaatverandering. Ze vormen een belangrijke eerste stap in de voedselketen van tropische ecosystemen, waarbij anorganisch materiaal in organisch materiaal wordt omgezet. Koraalriffen zijn zeer temperatuurgevoelig; een stijging van 1 à 2 graden boven de normale maximum oceaantemperatuur leidt snel tot het 'bleken', het proces waarbij de koralen hun vitale algen afstoten waardoor hun weefel doorschijnend wordt. Als de temperatuur langdurig boven haar normale peil uitstijgt en ook de zuurtegraad van de oceaan toeneemt, sterven ze. De klimaatverandering bedreigt niet alleen de eilandculturen en hun visserij, maar ook het toerisme als inkomstenbron. Denk maar aan het Grote Barrière-rif in Australië, trekpleister voor duiktoeristen....

In samenspraak met Unesco voerden de VITO en de UG onderzoek uit op het eiland Fordate. Ze werkten aan een prototypesysteem voor het in kaart brengen en het monitoren van de toestand van koraalriffen aan de hand van hyperspectrale luchtfoto's en satellietbeelden. De nieuwe technieken maken het mogelijk om grote gebieden, waar ook ter wereld, op een zelfde manier, continu en 'betaalbaar' gedetailleerd te karteren en de verscheidenheid en de wijziging in gezondheidstoestand van koraalriffen efficiënt op te volgen. De kaarten zijn een essentieel onderdeel van de informatiebasis, nodig om het proces van het bleken beter te begrijpen (antropogene en natuurlijke factoren) en om, gecombineerd met andere gegevens, een aanpak voor 'geïntegreerd kustbeheer' uit te werken. Het uiteindelijke doel is de biodiversiteit optimaal te beschermen én het socio-economisch welzijn van de bevolking te garanderen.



■ Archeologische sites (Siberië):

Als de permafrost verdwijnt

Het Altaïgebergte vormt een grote bergketen in Siberië met hooggelegen steppes. In dit prachtige gebied, deels al geklasseerd voor zijn ecologische waarde, zijn er unieke getuigenissen van de nomadische Scythische cultuur (1ste millennium v.C.). De grafheuvels die in het landschap opduiken zijn zowat de enige archeologische bron van deze oude euroaziatische beschaving. In de permafrost bleef de grafinhoud perfect bewaard: verfijnde houten en gouden voorwerpen en ook kleding en gemummificeerde lichamen, soms met verbluffend goedbewaarde tatoeages!

Met het opwarmen van de aarde en als gevolg daarvan het smelten van de permafrost, is de bewaring van de bevroren graven bedreigd. De Unesco startte samen met experts van de UG en het geofysisch instituut van de Universiteit van Alaska, met financiering door het Vlaams Unesco Trust Fund, een project dat de situatie in de Altaï onderzoekt. Doel is een detailinventaris van de graven te maken en een beter begrip van de klimaatverandering en van de evolutie van de permafrost, om een strategie en technologische oplossingen uit te werken om dit unieke erfgoed te bewaren.

■ Berggebieden (Tibet):

Als gletsjers smelten en er minder regen valt...

Samen met Chinese en Tibetaanse collega's en in overleg met het Mens en Biosfeer-programma gaan onderzoekers van de KUL, ULg en UG samenwerken aan het informatiesysteem dat de bescherming van de bijzondere "erfgoedwaarden" van het Mount Everest Reservaat (1994) en tegelijk de duurzame ontwikkeling van de regio moet helpen verzekeren. Het gebied valt samen met het Chinese deel van het Qomolangma MAB (2004). Zowel het cultuurhistorisch (o.a. Tibetaanse boeddhistische kloosters) als het natuurlijke en het immateriële erfgoed (festivals e.a.) komen aan bod. De fascinerende streek is onderhevig aan een snel toenemende ontwikkelingsdruk (transport, toerisme...) en het welzijn van de bergbevolking is bedreigd door de klimaatverandering. Het project voorziet een luik over het identificeren van de impact van de klimaatverandering (o.a. de evolutie van het landgebruik) en het analyseren van een strategie voor aangepast conservatiebeheer.

De veranderingen die de gletsjers ondergaan kunnen in lagergelegen gebieden tot onverwachte overstromingen leiden met dramatische gevolgen voor de bevolking en de

biodiversiteit. Op langere termijn kan watertekort ernstige gevolgen meebrengen voor de landbouw, veeteelt en gezondheid. Het beoogde informatiesysteem moet up-to-date informatie bieden voor een 'duurzame' land- en water-beheersplanning voor de fragiele regio.

■ Historische steden

Voor het inschatten van de weerslag van klimaatverandering op 'cultureel' erfgoed houdt men rekening met de complexe wisselwerking tussen natuurlijke, culturele en sociale aspecten. De klimaatverandering zal enerzijds directe fysische effecten hebben op de gebouwen en anderzijds zijn er gevolgen voor de sociale structuren. Bevolkingen kunnen gedwongen worden tot migratie. Samenlevingen worden ontbonden en sites worden verlaten waarbij rituelen en het cultureel geheugen van een volk verloren gaan.

Als mogelijke puur fysische gevolgen zijn er:

- versterkte verwerking van gebouwen bij toegenomen bodemvochtigheid
- splijten en barsten of schilferen van materialen door hoge seizoenvariëaties in temperatuur en vochtigheid
- migrerend ongedierte dat een biologische bedreiging vormt voor hout en ander organisch materiaal
- beschadiging van gebouwen door langdurig onder water staan bij overstromingen (bijv. Venetië)
- structurele beschadiging van gebouwen door stormen
- bedreigd cultureel erfgoed in droge streken door verwoestijning, zoutverwerking en erosie (bijv. Timboektoe).

Ook veranderingen in biodiversiteit kunnen de conservatie bedreigen omdat bepaalde materialen niet meer beschikbaar zijn om gebouwen te herstellen.

Regelmatig onderhoud van de gebouwen en nauwkeurige risicoanalyses moeten de aanpassing van beschermingssy- stemen onderbouwen.

■ Rol van het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium ?

Het Belgisch werelderfgoed (zie whc.unesco.org/en/list/1009) lijkt nu niet meteen bedreigd. Het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK) is waakzaam en kan zijn expertise in dit domein, in heel Europa, ter beschikking stellen zodra de vraag zich voordoet. In elk geval spant het KIK zich nu reeds in om bij de behandeling van kunstwerken zo weinig mogelijk producten te gebruiken die de atmosfeer pollueren. Het KIK werkt samen met het 'International Centre for the Preservation and Restoration of Cultural Property' (ICCROM), adviesorgaan van de Unesco inzake cultureel erfgoed en ook met andere organisaties, in het kader van Europese projecten voor de verbetering van de behandeling van kunstwerken en historische gebouwen in relatie tot de klimaatverandering.

Belgische expertise in het 'Water'-programma HELP

Het Tarim-stroomgebied in (semi)-arid Noordwest-China behoort tot de meest kwetsbare stroomgebieden van de wereld, die in het hydrologisch HELP-programma (*Hydrology for Environment, Life and Policy*) van Unesco bestudeerd worden. Er gaat aandacht naar het documenteren en voorstellen van klimaatschommelingen en -veranderingen en naar verbeterde gegevensverzameling- en uitwisseling. HELP engageert zich ook voor het vertalen van de wetenschappelijke vooruitgang in bruikbare instrumenten waarmee waterbeheerders en beleidsmakers aan de slag kunnen.

In het kader van de bilaterale O&O-samenwerking met China stellen onderzoekers van de KUL en van het VITO een methode op punt om hydrologische modellen en teledetectiegegevens te combineren in een systeem voor 'geïntegreerd stroomgebiedbeheer' (2006-2008). In een tweede fase willen ze aantonen dat dit systeem kan toegepast worden in scenarioanalyse. Een eerste scenario heeft te maken met de impact van klimaatverandering (zowel gewijzigde regenval als temperatuur) en een tweede is gericht op trends in het landgebruik en gewijzigde landbouwpraktijken. De bedoeling is voorspellingen te kunnen voorleggen aan de lokale water- en landbeheerders. Dergelijke informatie is cruciaal voor de beheersplanning met oog op een duurzame ontwikkeling van de streek.

Brigitte Decadt



Unesco en klimaat:
ioc.unesco.org/unesco-climate

Altai-gebergte:
www.archaeology.ugent.be/altai/index.swf

Programma Mens en biosfeer:
www.unesco.org/mab/ecosyst/mountains.shtm

De winter

in de Belgische schilderkunst

Klimaatverandering gaat niet enkel om de evolutie in de biodiversiteit, om gezondheidsrisico's of om sporten die in onze contreien aan het verdwijnen zijn, zoals langlaufen of ijschaatsen (denk maar aan die beroemde wedstrijd op de Nederlandse kanalen, de *Elfstedentocht*, waarvan de laatste editie dateert van 1997¹), om maar enkele voorbeelden te noemen die in dit tijdschrift worden aangehaald. Vanuit artistiek oogpunt zijn de seizoenen en de weerselementen, en dan vooral de winter, een bron van inspiratie.

Ook al leent het barre seizoen zich niet echt tot landschapschildering, toch bieden stormen, vrieskou, ijs en sneeuw in onze contreien een verleidelijk beeld van de natuur. De spelletjes op het ijs en in de sneeuw leverden aangename scènes op, zoals het getijdenboek *De Zeer Rijke Uren van de Hertog van Berry* uit de 15de eeuw.

Winterlandschap
 (Abel Grimmer).
 We zien de slotvrouw in
 het gezelschap van haar
 pachters terwijl ze zich
 verwarmen aan de haard
 van hun hutje in een weids
 sneeuwlandschap (hier de
 maand februari).

Van de 16de eeuw tot vandaag kan de Belgische schilderkunst prat gaan op een rijk oeuvre. Sommige schilderijen zijn te bewonderen in onze musea, andere bevinden zich in het buitenland.



In de 16de eeuw is dé referentie onder de schilders natuurlijk Pieter Brueghel de Oude (1525-1569). Zijn *Jagers in de sneeuw* vormt een mooi voorbeeld van zijn schilderijstijl, die in de loop der eeuwen zal geïmiteerd worden: ijschaatsen en indrukwekkende vormen op het voorplan, met op de achtergrond een immens landschap dat langzaam zwakker wordt.

Ook de voorpagina van dit tijdschrift, *Winterlandschap met schaatsers en vogelknip*, verwijst wellicht naar de winter van 1564-1565, die volgens de kroniekschrijvers bijzonder hard was. De scène heeft ongetwijfeld een diepere betekenis, die samenhangt met een allegorische interpretatie van het menselijk bestaan die in de 16de eeuw wijdverspreid was. Volgens deze opvatting

is de godsvruchtige zoals een pelgrim. Hij trekt door een leven vol gevaren en verlokkingen, die hij moet vermijden om tot de redding te komen. De vogelvalLEN, zoals de val rechts op de voorgrond, werden in de literatuur van die tijd gezien als het symbool van de bekeringen van de duivel voor de onbezonnen zielen (de vogel werd traditioneel beschouwd als het symbool van de ziel). Bovendien belichaamden schaatsscènes in de kunst vaak de onzekere (gladde) aard van het bestaan. Schaatsers en vogels zijn hier met elkaar verwant, zowel door hun zorgeloosheid als door hun kwetsbaarheid ten opzichte van het gevaar dat hen bedreigt.

Het meesterwerk van Gillis Mostaert (1536-1598), *De vlucht naar Egypte*, wordt bewaard in de Hermitage in Sint-Petersburg. We zien er de Maagd die het Kind vasthoudt, op een ezel die geleid wordt door Jozef. Ze bevinden zich alle drie op het tweede plan en steken een brug boven een bevroren rivier over.

Ook te vermelden zijn de doeken van Jacques Grimmer (1526-omstreeks 1590) die op zijn manier de kunst van Bruegel de Oude voortzet met *Carnaval* (Museum van de Hermitage), *De Winter* (Museum van Boedapest), *Winterlandschap* of *Winter met schaatsers*.

Zijn zoon Abel (omstreeks 1570-1618) heeft een tondo geschilderd (een schilderij in de vorm van een schijf – van het Italiaanse *rotondo*, rond), *Winterlandschap*, die ook in Sint-Petersburg wordt bewaard. In *De Winter* (Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België) schildert hij een ondergesneeuwd dorp langs een watervlak waarop zes boeren schaatsen en een onhandig stel valt.

Datzelfde federale museum bezit een *Winterlandschap* van Denijs Van Alsloot (1570-1625) waar langs beide kanten twee grote kale bomen de horizon ontsluiten tegen een weids landschap van sneeuw en ijs aan de rand van een dorp, onder een subtiele hemel. We vinden hetzelfde thema

¹ In 1997 vond de wedstrijd plaats maar werd ijs toegevoegd, vooral onder de bruggen. Voor een wedstrijd zonder extra ijs moet je al terug naar 1986, de voorlaatste editie (Meer info: www.elfstedentocht.nl).

Schaatsenrijden op de vestinggrachten van de Sint-Jorispoort te Antwerpen, Abel Grimmer © KMSKB
Genietend van het dichtgevroren water op de vestinggrachten van Antwerpen vermaakt de bevolking zich met allerlei soorten schaatsspelen, terwijl de nieuwsgierigen hen vanaf de oever en de wallen gadeslaan. Met zijn rug naar het kanaal van Herentals geeft de schilder de Sint-Jorispoort weer met daarvoor een stenen brug, beschermd door een bolwerk en een oreillon.

terug in *Groenendael* (bewaard in Dresden), in het *Kasteel van Tervuren onder de sneeuw* en ook in de *Schelde bevroren in Antwerpen* (Berlijn).

Joos de Momper (1564-1635) schilderde in de 17de eeuw een *Wintergezicht* (Parijs) en een *Winterlandschap* (Rotterdam) en andere gelijknamige doeken (Dresden, Quimper).

Intussen onderscheidt de 'Meester van de winterlandschappen', zoals de Antwerpenaar Gysbrecht Leytens (1586-tussen 1643 en 1656) werd genoemd, zich door het schilderen van kale, knoestige bomen, met in talloze kronkelingen verwrongen vormen, bestoven met de witte vlokken van de eerste sneeuw of stijfgevroren. Zijn schilderijen worden bewaard in Valenciennes, in Aken en in Brussel (*Winterlandschap*).

Pieter Brueghel de Jonge (1564-1638) schilderde talloze winterlandschappen. Het grootste deel van de tijd bracht hij door met het kopiëren van zowat alle werken van Brueghel de Oude, waarbij hij de creaties van zijn vader aanpaste aan zijn eigen stijl. Onder zijn originele werken zijn er enkele gewijd aan het koude seizoen, waaronder de *Dronken man die naar huis wordt gebracht*.

Het beroemde *Winterlandschap* toont het dorp Sint-Anna-Pede, in de buurt van Brussel, onder een diffuus licht en een loodkleurige hemel. Ondanks enkele levendige bruine tinten van het gebouw links en de boomstronken wordt dit geheel gekenmerkt door de verzadigde kleuren: het lichtroze van de huizen en de kerk op de achtergrond staat in harmonie met de grijsblauwe nuances van de bevroren rivier. Het landschap wordt opgevrolijkt door enkele pittoreske personages (dorpelingen, soldaten, poorters, ...). Op de rivier zien we soldaten, honden, een boerin die haar dochter bij de hand houdt, een boer die zijn vrouw op het ijs voorttrekt op een omgekeerd krukje dat als slee dient, schaatsende kinderen, een boerin die een takkenbos draagt...

Isaac van Ostade (1621-1649) wordt tentoongesteld in het Louvre: *Bevroren kanaal met schaatsend koppel*, *Bevroren kanaal met paard en kar*, *Winterlandschap met pratend koppel*, *Winterlandschap met bruggetje*. Antwerpen bezit een *Winterlandschap in Nederland* terwijl in Venetië een *Winterlandschap* en in Rijsel *Schaatsers op het ijs* worden bewaard.

Er wordt vaak verwezen naar winterstormen, zoals in de *Holle zee* en de *Storm aan de kusten van Noorwegen* van Ludolf Backhuysen; een andere *Holle zee* (Jan Blanckerhoff) en een *Storm op zee* (J. Peeters) worden bewaard in de Koninklijke Musea voor Schone Kunsten in Brussel.

In de 18de eeuw wordt het noorden beïnvloed door de Franse en de Italiaanse geest. Het schilderen van winterlandschap-

pen wordt heel wat minder aantrekkelijk. De geest van Voltaire, de gevoeligheid van Rousseau en het rationalisme van Montesquieu zetten de Franse schilders niet aan tot het schilderen van sombere winterscènes of pittoreske sneeuw- of ijspret. We vermelden toch onze landgenoot Théobald Michau (1678-1765), wiens *Winterscène* in Wenen wordt bewaard.



Holle zee (Jan Blanckerhoff) © KMSKB



Winter, zicht genomen vanaf de Nieuwbrug te Gent, Pierre-François de Noter © KMSKB



Kolenmijn onder de sneeuw,
Constantin Meunier
© KMSKB



Winter, Eugène Laermans
© KMSKB



Winter in Vlaanderen,
Valerius de Saedeleer
© KMSKB



In de 19de eeuw worden onze schilders meer geïnspireerd door de realistische beweging, zoals Pierre-François de Noter (1770-1842) die een *Weerkaatsing op de sneeuw* schilderde in de buurt van Gent, bewaard in Douai. Ook het Museum van Brussel bezit een *Winter, zicht genomen vanaf de Nieuwbrug te Gent*.

Jean-François Taelmans (1851-1931) schilderde in 1897 *Winter in het dorp* (KMSKB) terwijl de Brusselaar Victor Gilsoul (1867-1939) verschillende etsen wijdde aan de *Vlaamse steden onder de sneeuw* of aan *Mechelen onder de sneeuw*.

Constantin Meunier (1831-1905), een kunstenaar uit *le pays noir*, schilderde een *Kolenmijn onder de sneeuw* (KMSKB) waarin we rechts huizen (zwartbruin, oker, donkerrood) onderscheiden en op de voorgrond een paard. Een ondergesneeuwde zak steenkool vormt de essentie. We vermelden ook nog een *Kolenmijn onder de sneeuw* (KMSKB) en een *Oud mijnpaard* tegen een achtergrond van sneeuw (in hetzelfde museum). In Antwerpen wordt het *Mijndorp onder de sneeuw* van Mathilde du Monceau de Bergendael (1877-1952) bewaard.

We kunnen hier onmogelijk volledig zijn, maar moeten zeker de werken vermelden van Joseph Coosemans (1828-1904), *Een winterdag in de Kempen* (Antwerpen), Guillaume Vogels (1836-1896) van de "Groupe des XX" en zijn *Hondenweer*, de *Sneeuw in de avond*, de *Sneeuwstorm*, de *Weg onder de sneeuw*, het *Zoniënwoud in de winter*, de *Houthakkers in de winter*, ... maar zijn meesterwerk blijft toch het *Domein van Groenendaal onder de sneeuw* (Museum van Elsene). Vogels verwaarloost er de weg, de huizen, de achtergrond van het dorp die gebruikelijk zijn voor het onderwerp, en de schaarse personages worden naar de achtergrond verbannen.

En dan is er ook James Ensor (1860-1949) en zijn *Van Iseghemlaan in de sneeuw* (Oostende); Emile Claus (1849-1924) met zijn *Aken in de sneeuw* (KMSKB), de *Sneeuw over de Theems*, het *Gezicht op Londen - Sneeuw*, de *Laatste stralen over Blackfriars Bridge...*; Albert Baertsoen (1866-1928) en het *Dorp onder de sneeuw*, *Sneeuw in Vlaanderen*, *Dooi in Gent* (alle in Gent), de *Dooi* (Museum van het Louvre), de *Speelmansrei in Brugge* (Brugge).

In Doornik kan je een *Winteravond* van Gustave Crommelinck, een *Sneeuwlandschap* van Emeri Hoorinckx (1859-1908) en een *Decembervnacht in Branchart* bewonderen.

Om deze lijst van schilders uit de 19de eeuw af te sluiten, mogen we volgende kunstenaars niet vergeten: de Antwerpenaren François Lamorinière (1828-1911), Isidore Verheyden (1846-1905) en J. Heymans (1883-1921); Xavier Mellery (1845-1921); de Brusselaars Jules Montigny (1840-1890) en Eugène Laermans (1864-1940), de Henegouwer Nestor Cambier (1879-1934) en de Luikenaars Auguste Donnay (1860-1921) en Richard Heintz (1871-1929).

In de 20ste eeuw kan je bij het expressionisme heel wat winterscènes ontdekken. In het Museum van Gent hangen twee doeken: *Winter in Vlaanderen* van Rod de Saegher en *Lichtweerkaatsing op de sneeuw* van Gustave Den Duyts. Van Valerius de Saedeleer (1865-1961) hangen verschillende werken in de Musea van Deinze en Antwerpen, waaronder *Winter in Vlaanderen* en *Dorp onder de sneeuw*. Een van zijn mooiste doeken, *Winter in Vlaanderen*, geschilderd in 1927, bevindt zich in de KMSKB. Op de voorgrond zie je vijftien grote boomstammen die zich over de hele hoogte van het doek uitstrekken. Hun bruinzwarte tonen overheersen het grote sneeuwlandschap. Een weidse hemel, waarvan de tinten van boven naar beneden variëren van zwart tot groen en grijsroze, domineert de vlakke en de huizen van het dorp. Twee van deze huizen op de voorgrond zijn bedekt met sneeuw en omringd door een sombere omheining, een lichte barrière, enkele bomen met naakte takken op een korte stam. Het hele platteland is bedekt met het intense wit van de sneeuw, nog verscherpt door het grijs van de daken, de okerkleurige tonen van het rechterhuis, het rood van het linkerhuis met de groene deuren en luiken.

Van Albert Servaes (1883-1966) onthouden we een *Winterlandschap*, *De dood in het dorp* (waarop vier boeren worden afgebeeld die een lijkkist dragen en worden gevolgd door rouwende vrouwen), en de *Vlucht naar Egypte*.

Pierre Paulus (1881-1959) was een heftige expressionistische landschapsschilder. Hij put inspiratie uit zijn streek van herkomst, *le pays noir*, de mijnwerkershuisjes, de fabrieken langs de Sambre: *Kolenmijn onder de sneeuw*, het *Zwarte land onder de sneeuw* (in Luik), *de Hefbrug onder de sneeuw* en de *Schemering onder de sneeuw*.

Tevens te vermelden zijn Jan Brusselmans (1884-1953), wiens winterlandschappen aansluiten bij de traditie van Brueghel; Albert Saverys (1886-1964) die in zijn *Grijze winter* een sneeuwvlakte, bevroren water en een besneeuwd dorp onder een grote heldere hemel toont; Jehan Fryson (1882-1961); Victor Leclercq (1896-1944); Constant Montald (1862-1944); Julien de Vriendt (1842-1933); ...

Meer recent stelt Taf Wallet (1902-2001) in het *Park onder de sneeuw* enkele voorbijgangers voor die moeizaam stappen op een kronkelige weg die uit de stad komt, terwijl *De grote haag* van Georges Le Brun (1873-1914), aangetrokken door de sneeuw, als een licht rooster op een breed wit vlak is geschikt.

Pierre Demoitie



De haag werd in 1885 gecreëerd in Vert Buisson (gemeente Theux) door de industrieel J.-R. Neys. Ze verbindt zijn kasteel met zijn bijgebouwen en bestaat uit 4.700 planten, waarvan tweederde meer dan honderd jaar oud zijn. De gesnoeiide en gekromde haag is sinds 1979 geklasseerd en vormt een waar gewelf van planten, 573 meter lang. Deze foto dateert van 23 maart jongstleden, Pasen. De haag is uniek in Europa.
© Pierre Demoitie



De onlinecatalogus van de Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België:
www.opac-fabritius.be



Robert Genaille, *Jaarboek 1990, Koninklijk Museum voor Schone Kunsten van Antwerpen*, p. 333 tot 376)

Sabine van Sprang, *Museum voor Oude Kunst. Gekozen werken*, KMSKB

Véronique Bücken, *Met passer en penseel: Brussel en het oude hertogdom Brabant in beeld: (Tentoonstelling): Brussel, Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België, 15.09.2000 - 17.12.2000*, KMSKB, p. 101

Muizen

Eric Verheyen, bioloog bij het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, heeft onlangs met medewerking van een internationaal onderzoeksteam niet minder dan acht nieuwe muizensoorten ontdekt in Oost-Afrika. Ze behoren allemaal tot het geslacht *Lophuromys*.

Deze muizen komen alleen voor ten zuiden van de Sahara en hebben een zeer dichtbehaarde vacht. Ze gedijen vooral in vochtige biotopen (uit onderzoek is gebleken dat hun geografische spreiding meer bepaald wordt door de hoeveelheid neerslag dan door hoogte, temperatuur en de structuur van hun biotoop).



Naast de 23 al bekende soorten komen er dus nog eens 8 nieuwe soorten bij. Drie daarvan werden ontdekt in Ethiopië, de rest in Tanzania.

© IRScNB/KBIN – Th. Hubin



Belgica

Federaal minister van Wetenschapsbeleid Sabine Laruelle is samen met onderzoekers van het oceanografisch onderzoeksschip Belgica uitgevaren op de Noordzee. De minister wou op die manier het werk van de wetenschappers in de kijker plaatsen en ze een hart onder de riem steken. De weersomstandigheden voor de tocht op zee waren perfect. Dat heeft Sigrid Maebe, woordvoester van de Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee (BMM), dinsdag gezegd.

Het bezoek aan de wetenschappers van de Belgica kadert in een reeks van bezoeken van instellingen die zich bezighouden met wetenschappelijk onderzoek. Samen met de Voorzitter van het Federaal Wetenschapsbeleid Philippe Mettens is Laruelle met de Belgica naar de Bol van Heist op de Noordzee gevaren. Daar werden water- en bodemstalen genomen, die door de universiteit van Gent voor verder onderzoek worden gebruikt. De wetenschappers gaven de minister voorts uitleg over hoe windmolenparken op zee en de vervuiling van de zee gecontroleerd worden.

(Bron Belga)

Kaarten

Het cartografisch patrimonium van het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, de Koninklijke Bibliotheek van België, het Algemeen Rijksarchief en het Nationaal Geografisch Instituut wordt binnenkort gedigitaliseerd. Op die manier zal de expertise van deze instellingen gebundeld worden en online ter beschikking gesteld worden van onderzoekers en beleidsmakers. Minister van Wetenschapsbeleid Sabine Laruelle stelde het digitaliseringsproject onlangs voor.

Het patrimonium omvat zowel oude kaarten als hedendaagse navigatiekaarten voor gps-gebruik. Volgens de minister kan het van cruciaal belang zijn om actuele conflicten op te lossen. Het project krijgt een budget van 1,8 miljoen euro, gespreid over vijf jaar. "In 2008 krijgt het Rijksarchief een A0-scanner, waardoor de huidige formaatbeperkingen zullen wegvallen", aldus directeur Karel Velle. Hij voegt eraan toe dat de samenwerking tussen de grote instellingen rond dit digitaliseringsproject zich niet hoeft te

beperken tot het openstellen van de verzamelingen. Zo kunnen er ook projecten ontwikkeld worden om interessante kaarten te restaureren en online te publiceren. (Belga)

Tabula III Africae (vierde kaart van Afrika), door Laurent Fries, naar Ptolemaeus, Lyon, 1535. Houtgravure, 30 x 44 cm. Schaal: ca. 1/22.000.000 (KMMA 96.43.4). © MRAC / KMMA



DÁÁR LIGT

ONZE TOEKOMST



Het Federaal Wetenschapsbeleid financiert **sedert 1985** onderzoeksprojecten in Antarctica. Meerdere tientallen wetenschappers hebben er elkaar opgevolgd voor onderzoek naar de mariene en terrestrische biodiversiteit, geologie, chemie, glaciologie, astronomie, oceanologie, broeikasgassen, klimaatveranderingen, ...

Voortaan zullen ze over een volledig nieuw hulpmiddel kunnen beschikken, gebouwd door de Internationale Poolstichting van Alain Hubert, met de steun van het Federaal Wetenschapsbeleid: het poolstation "Princess Elisabeth", het eerste poolstation met «nul-uitstoot». Het werkt integraal op basis van hernieuwbare energiebronnen.

Neem ook deel aan de Belgische wetenschappelijke onderzoeksinspanningen en ondersteun de bouw van het station "Princess Elisabeth" door "mede-eigenaar" te worden :

Doe een gift op het rekeningnummer **000-0000090-90** van de Internationale Poolstichting.

[elke gift boven de 30 € is fiscaal aftrekbaar]

www.belspo.be/antar

www.antarcticstation.org

Een overzicht van enkele lopende en toekomstige tentoonstellingen, conferenties, opendeurdagen, enz. die worden georganiseerd door of met de steun van het Federaal Wetenschapsbeleid.

CONFERENTIES EN COLLOQUIA

- **8, 9 en 10 mei 2008**
WetenschapsEXPOsciences
Brussel (Heizel)
- **9 tot 12 mei 2008**
Zeebeeldenfestival
Bioscoop Arenberg (Brussel)
(Meer: www.oceanofestival.be)
- **14 mei 2008**
**L'Europe sera de droite ou ne sera pas! De net-
werking van de neo-aristocratische elite in de
korte 20ste eeuw**
Studie- en Documentatiecentrum Oorlog en
Hedendaagse Maatschappij
(Meer: www.cegesoma.be;
mathieu.vanhaelewyn@cegesoma.be)
- **19 tot 22 mei 2008**
Terena Networking 2008 "Beyond Connectivity"
Brugge (Oud Sint-Jan Centrum)
(Meer: tnc2008.terena.org/)
- **13 juni 2008**
**From mints to markets: the mechanics of coin
transformation in ancient times**
Koninklijke Bibliotheek van België
(Meer: www.kbr.be)
- **25 tot 28 juli**
Landbouwbeurs van Libramont
(Meer: www.foiredelibramont.be)
- **17, 18 en 19 oktober 2008**
**D'Ennion au Val Saint-Lambert. Le verre soufflé
dans un moule au fil du temps**
Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium
(Meer: www.kikirpa.be)
- **4, 5 en 6 november 2008**
En toen zwegen de kanonnen
Algemeen Rijksarchief (Meer: arch.be)

TENTOONSTELLINGEN

- **Algemeen Rijksarchief en Atomium**
■ **tot 19 oktober 2008**
Expo 58. Tussen droom en werkelijkheid
- **Koninklijke Bibliotheek van België**
■ **tot 24 augustus 2008**
In de ban van boeken. Grote verzamelaars uit de
19de eeuw in de Koninklijke Bibliotheek van
België.
- **Koninklijk Belgisch Instituut voor
Natuurwetenschappen**

Koninklijk Museum voor Midden-Afrika

- **tot 31 augustus 2008**
Hou 't vast! Hout en woud in Afrika.
- **tot 19 oktober 2008**
Expo 58.

Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis

- **15 mei tot 14 september 2008**
Expo 58 door de lens van Gérard Costello-Lopes
- **tot 29 juni 2008**
**Van Gilgamesj tot Zenobia. Oudheden uit het
Nabije Oosten en Iran.**
- **tot 30 september 2008**
België op opticaprenten in de 18de en 19de eeuw
- **tot 31 oktober 2008**
In de voetsporen van de indianen
Museum voor blinden

Muziekinstrumentenmuseum



Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België



- **19 april tot 6 juli 2008**
Lee Ufan
- **16 mei tot 31 augustus 2008**
**Expo '58, hedendaagse kunst op de wereldten-
toonstelling**
- **14 mei tot 31 augustus 2008**
Plečnik Project
- **16 mei tot 21 september 2008**
**De koninklijke collecties van Engeland -
van Bruegel tot Rubens**

Het Wiertzmuseum

is tot 14 juli 2008 gesloten wegens werken.

PASS (*Parc d'aventures scientifiques in Frameries*)


- **tot maart 2009**
Antarctica
(Meer: www.pass.be)

Planetarium

- **tot mei 2008**
De zon
(Meer: www.planetarium.be)

Zaragoza (Spanje)

- **14 juni tot 14 september 2008**
Wereldtentoonstelling
(Meer: www.expo2008zaragoza.be)

€ 0 betekent gratis toegang!  Open op de Nationale Feestdag maandag 21 juli 2008 aan reductietarief (of gratis)

De volledige agenda (stages, creatieve activiteiten, ...) kan worden geraadpleegd op de internetsite www.belspo.be > focus > agenda en op de internetsites van de Federale wetenschappelijke instellingen. De permanente collecties van de musea zijn gratis toegankelijk elke eerste woensdagnamiddag van de maand.

Naast de algemene directies "Onderzoeksprogramma's en Ruimtevaart", "Coördinatie en Wetenschappelijke informatie" en "Communicatie en valorisatie" omvat het Federaal Wetenschapsbeleid tien Federale wetenschappelijke instellingen en drie Staatsdiensten met afzonderlijk beheer:

	Het Algemeen Rijksarchief en Rijksarchief in de Provinciën www.arch.be + (32) (0)2 513 76 80
	Belnet www.belnet.be + (32) (0)2 790 33 33
	De Koninklijke Bibliotheek van België www.kbr.be + (32) (0)2 519 53 11
	Het Studie- en Documentatiecentrum 'Oorlog en Hedendaagse Maatschappij' www.cegesoma.be + (32) (0)2 556 92 11
	Het Belgisch Instituut voor Ruimte-aeronomie www.aeronomie.be + (32) (0)2 373 04 0 4
	Het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen / Museum voor Natuurwetenschappen www.natuurwetenschappen.be + (32) (0)2 627 42 11
	Het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium www.kikirpa.be + (32) (0)2 739 67 11
	Het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België www.meteo.be + (32) (0)2 373 05 08
	Het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika: www.africamuseum.be + (32) (0)2 769 52 11
	De Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis www.kmkg-mrah.be + (32) (0)2 741 72 11
	De Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België www.fine-arts-museum.be + (32) (0)2 508 32 11
	De Koninklijke Sterrenwacht van België www.astro.oma.be + (32) (0)2 373 02 11
	Het Planetarium van de Koninklijke Sterrenwacht van België www.planetarium.be + (32) (0)2 474 70 50
	De Dienst voor wetenschappelijke en technische informatie www.stis.fgov.be + (32) (0)2 519 56 40
Federale wetenschappelijke en culturele partnerinstellingen:	
	Het Euro Space Center van Redu www.eurospacecenter.be + (32) (0)61 65 64 65
	De Nationale Plantentuin van België www.br.fgov.be + (32) (0)2 260 09 20
	De Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen users.skynet.be/kaowarsom + (32) (0)2 538 02 11
	Het Von Karman Instituut www.vki.ac.be + (32) (0)2 359 96 11
	De Universitaire Stichting www.universitairstichting.be + (32) (0)2 545 04 00
	Het Paleis voor Schone Kunsten www.bozar.be + (32) (0)2 507 82 00
	Het Koninklijk Belgisch Filmarchief www.filmarchief.be + (32) (0)2 551 19 00
	De Academia Belgica www.academiabelgica.it + (39) (06) 320 18 89
	De Stichting Biermans-Lapôte + (33) (01) 40 78 72 00
	De Koninklijke Academiën voor Wetenschappen en Kunsten van België www.kvab.be + (32) (0)2 550 23 23

Science Connection is het gratis magazine van het Federaal Wetenschapsbeleid

Verantwoordelijke uitgever:

Dr. Philippe METTENS
Wetenschapsstraat 8
1000 Brussel

Coördinatie:

Pierre DEMOITIÉ (F) en Patrick RIBOUVILLE (N)
+(32) (0)2 238 34 11
scienceconnection@belspo.be
www.scienceconnection.be

Werken mee aan dit nummer:

Erika BAUS (Biodiversiteitsplatform), Marie-Carmen BEX (Federaal Wetenschapsbeleid), Monique BLANKEN (Federaal Wetenschapsbeleid), Emmanuèle BOURGEOIS (Federaal Wetenschapsbeleid), Etienne BRANQUART (Biodiversiteitsplatform), David COX (Federaal Wetenschapsbeleid), Brigitte DECADT (Federaal Wetenschapsbeleid), Pierre DEMOITIÉ (Federaal Wetenschapsbeleid), Lieven DE SMET (Arcadis), Christian DU BRULLE, Michiel DUSAR (Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen), Anne FIERENS (Federaal Wetenschapsbeleid), Dimitri HARMEGNIES (Federaal Wetenschapsbeleid), Georges JAMART (Federaal Wetenschapsbeleid), Christine MATHIEU (Federaal Wetenschapsbeleid), Reginald MOREELS (FOD Volksgezondheid), Kris PIESSENS (Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen), Patrick RIBOUVILLE (Federaal Wetenschapsbeleid), Maaike VANCAUWENBERGHE (Federaal Wetenschapsbeleid), Martine VANDERSTRAETEN (Federaal Wetenschapsbeleid), Florence VAN STAPPEN (Centre wallon de recherches agronomiques), Bart VERHAGEN (FOD Volksgezondheid), Sophie VERHEYDEN (Federaal Wetenschapsbeleid) en Patrick WILLEMS (KULeuven)

Vertaling:

Erik Vertriest, Peter Groeninck, Agnès Feltkamp (Missing Link)

Achterpagina: De illustratie op de achterpagina is van Harald FRANSEN. Aan hem vroeg het Federaal Wetenschapsbeleid zijn visie uit te drukken hoe de winter van 2054 er zou kunnen uitzien, vijf eeuwen na Brueghel. Hij verklaart: "Ik heb de waterlopen gebetonneerd en van het brugje maakte ik een viaductweg. De huisjes werden vervangen door een verkaveling in een overstroomingsgebied. "Het gevolg van overvloedige regenval in december", zegt de kunstenaar. De sneeuwman is een opblaasbare pop die van binnenuit wordt verlicht. Alleen de kerk staat er nog, ze bleek nog interessant genoeg om er een gsm-mast op te plaatsen. De eik in de tuin is dood, hij kon de warmte niet meer aan. Mussen zijn niet meer te zien, de parkieten namen hun plaats in.

Opplage:

23.700 exemplaren in het Nederlands en in het Frans

Abonnement:

abo.scienceconnection@belspo.be
www.scienceconnection.be

Science Connection staat in pdf-formaat op www.belspo.be en wordt gedrukt met plant-aardige inkt en op milieuvriendelijk papier.

Fout in uw naam? Onvolledig adres? Verkeerde postcode? Meld het ons per e-mail of stuur het omslagetiket verbeterd terug.

Lay out en druk:

www.gevaertgraphics.be

Het volgende nummer verschijnt in juli 2008.

Het Federaal Wetenschapsbeleid heeft als opdracht het wetenschappelijk en cultureel potentieel van België maximaal te benutten ten behoeve van de beleidsmakers, de industrie en de burgers: "een beleid voor en door de wetenschap". Het reproduceren van uittreksels uit deze publicatie is toegestaan voor zover daar geen commerciële bedoelingen mee gepaard gaan en voor zover het past in de opdrachten van het Federaal Wetenschapsbeleid. De Belgische Staat kan niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van gegevens die in deze publicatie zijn opgenomen.

Het Federaal Wetenschapsbeleid noch enige andere persoon die in zijn naam optreedt is verantwoordelijk voor het gebruik dat zou kunnen worden gemaakt van de informatie in deze publicatie of voor eventuele fouten die er, ondanks de uiterste zorg bij de voorbereiding van de teksten, nog in zouden staan.

Het Federaal Wetenschapsbeleid heeft alle nodige moeite gedaan om te voldoen aan de wettelijke voorschriften inzake auteursrechten en om contact op te nemen met de rechthebbenden. Elke persoon die benadeeld meent te zijn en zijn rechten wil laten gelden wordt verzocht zich bekend te maken.

Science Connection is lid van de Vereniging van Wetenschappelijke en Culturele Tijdschriften (www.arsc.be) en van de Unie van Uitgevers van de Periodieke Pers (www.upp.be).

© Federaal Wetenschapsbeleid 2008.
Reproductie is toegelaten mits bronvermelding.

Mag niet worden verkocht.





64 *Space* connection

**Satellieten:
onmisbaar voor het
klimaatonderzoek**

Satellieten, onmisbaar voor het klimaatonderzoek

*Foto cover:
De satelliet Meteosat 9
wordt uitgebaat door
Eumetsat en observeert
onafgebroken het weer
boven Europa.
Weersatellieten zijn een
onmisbaar instrument om
het weer te voorspellen
maar ook voor het
klimaatonderzoek.
© Eumetsat*

Smeltende ijslagen, een schuddende en schokkende aarde, de grillen van de atmosfeer, oceanen die een 'hoge rug' opzetten, exotische soorten die andere horizonten opzoeken... De opwarming van de aarde is op duizend-en-een manieren te merken.

Om al deze verschijnselen te onderzoeken hebben wetenschappers beproefde hulpmiddelen en onderzoeksmethoden ontwikkeld. Al tientallen en zelfs honderden jaren lang steunen onderzoekers op gegevens over temperatuur, vochtigheid of atmosferische druk. Zo kunnen ze als het ware de 'polsslag' van de aarde nemen. Deze gegevens zijn misschien ietwat eenvoudig, maar omdat ze ver in de tijd teruggaan zijn ze toch belangrijk. Ze geven daarom betrouwbare en belangrijke aanwijzingen over de gezondheidstoestand van onze planeet.

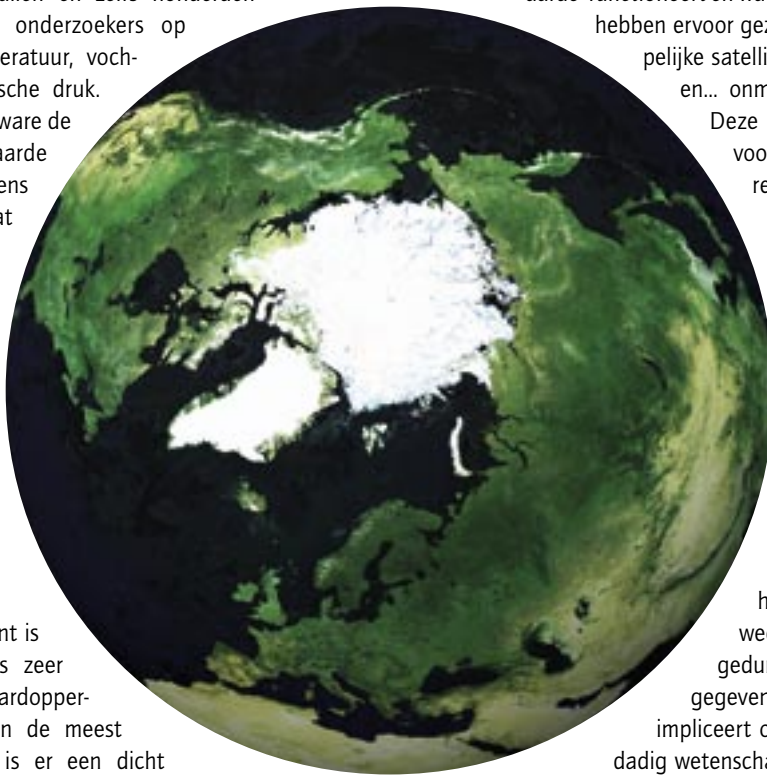
Maar hun zwakke punt is dat de meetstations zeer ongelijk over het aardoppervlak verdeeld zijn. In de meest ontwikkelde landen is er een dicht netwerk van waarnemingsstations. Maar de ontwikkelingslanden zijn minder goed bedeed. En dan spreken we nog niet over de oceanen, die voor drie vierde het grootste deel van onze planeet bedekken. Een aantal boeien zijn wel voorzien van meetapparatuur, maar dat is niet te vergelijken met de instrumenten die van op het land waarnemen.

Ruim vijftig jaar geleden begon het tijdperk van de ruimtevaart en nam de waarneming van het milieu met behulp van

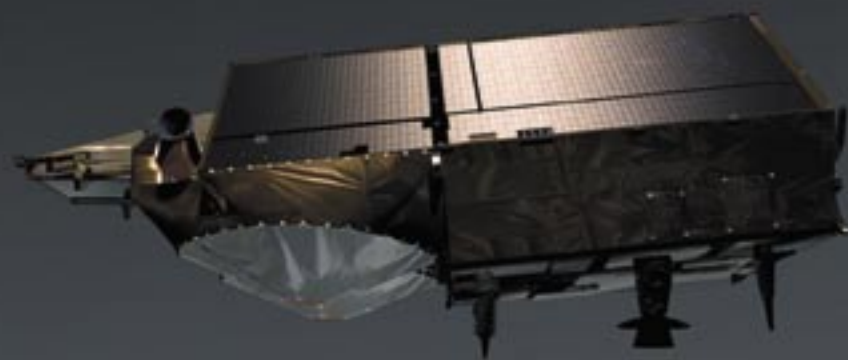
nieuwe observatieposten in de ruimte een hoge vlucht. Deze wetenschappelijke satellieten hebben voor heel wat verrassingen gezorgd. Zo ontdekten ze de stralingsgordels rond onze planeet of konden ze om het kwartier de evolutie van de atmosfeer volgen.

De technologische evolutie en de steeds grotere eisen van onderzoekers die proberen te begrijpen hoe het 'systeem aarde' functioneert en waarom het soms 'hapert', hebben ervoor gezorgd dat wetenschappelijke satellieten steeds krachtiger en... onmisbaar zijn geworden. Deze kunstmanen zorgen voor steeds nauwkeurigere informatie. Maar opdat de gegevens echt waardevol zouden zijn is het noodzakelijk dat ze op continue basis worden verzameld. Voor een onderzoeker is een meetinstrument aan boord van een satelliet beslist een verrijkende ervaring. Maar het is nog beter dat hij weet dat het instrument gedurende lange perioden gegevens kan verzamelen. Dat impliceert op dit vlak een krachtig wetenschapsbeleid.

Dit dossier van Space Connection bekijkt de nieuwe satellieten die zullen zorgen voor de continuïteit van het onderzoek van onze planeet vanuit de ruimte, dat nu al een halve eeuw bezig is. Ze zijn noodzakelijk om op globale maar ook op kleine schaal te begrijpen wat de invloed van de mens op de aarde is. Astronauten die onze planeet vanuit de ruimte hebben aanschouwd zeggen maar al te graag hoe mooi ze is, maar tegelijk ook dat ze uniek en bijzonder kwetsbaar is...



*De evolutie van de
poolgebieden is een van
de meest veelzeggende
voorbeelden van de
klimaatverandering
waarmee onze planeet
moet afrekenen. De
observatie van de
Noordpool is een routine-
taak voor de aard-
observatiesatellieten.
(ESA)*



De Earth Explorers van ESA



De Europese ruimtevaartorganisatie ESA heeft al spectaculaire successen geboekt op het vlak van de waarneming van de aarde (en de oceanen) vanuit de ruimte. Dat gebeurde met de radarsatellieten ERS 1 en 2 (waarvan het laatste exemplaar in 1995 werd gelanceerd) en de indrukwekkende satelliet Envisat, die met zijn verschillende instrumenten sinds 2002 rond de aarde draait. ESA heeft er nu voor gekozen een nieuwe familie van kleinere aardobservatiesatellieten te ontwikkelen. Die zijn meer gespecialiseerd maar tegelijk ook 'soepeler' in gebruik. Het gaat om de reeks *Earth Explorers*.

Deze 'verkenner van de aarde' maken deel uit van het programma *Living Planet* van ESA. *Core Missions* dienen een heel precies onderzoeksdomein, zijn van een groot wetenschappelijk belang en maken deel uit van de doelstellingen op lange termijn van ESA. Anderzijds moeten *Opportunity Missions* een antwoord helpen bieden op nieuwe gevoelige vragen in verband met ons milieu en waarvoor onderzoekers graag snel over nieuwe gegevens willen beschikken.

De eerste zes Earth Explorers bevinden zich al in een ver gevorderd stadium. We vinden er twee satellieten in terug die binnenkort worden gelanceerd. Het zijn GOCE en SMOS, waarover we het verder nog zullen hebben. Daarnaast staan er nog vier andere missies op stapel. Een overzicht:

Cryosat 2

Bij deze Opportunity Mission gaat het om een satelliet die de cryosfeer waarneemt. Hij zal het zee-ijs en de dikke ijslagen van Antarctica en Groenland onderzoeken. Cryosat moet gelanceerd worden in 2009 en zal drie jaar operationeel zijn. Het belangrijkste instrument aan boord is de zogenaamde synthetische apertuur radar (SAR) SIRAL, die via interferometrie radarhoogtemetingen kan uitvoeren.

ADM-Aeolus

Met deze Core Mission worden windprofielen in de atmosfeer bestudeerd. ADM-Aeolus (Atmospheric Dynamics Mission) moet in 2009 gelanceerd worden. Het belangrijkste instrument aan boord is het Atmospheric Laser Doppler

De satelliet Cryosat 2 van ESA is een copie van zijn voorganger die in 2005 verloren ging bij de lancering. © ESA

Instrument (ALADIN), een lidar waarmee voor het eerst de winden op globale schaal driedimensionaal in beeld zullen worden gebracht.

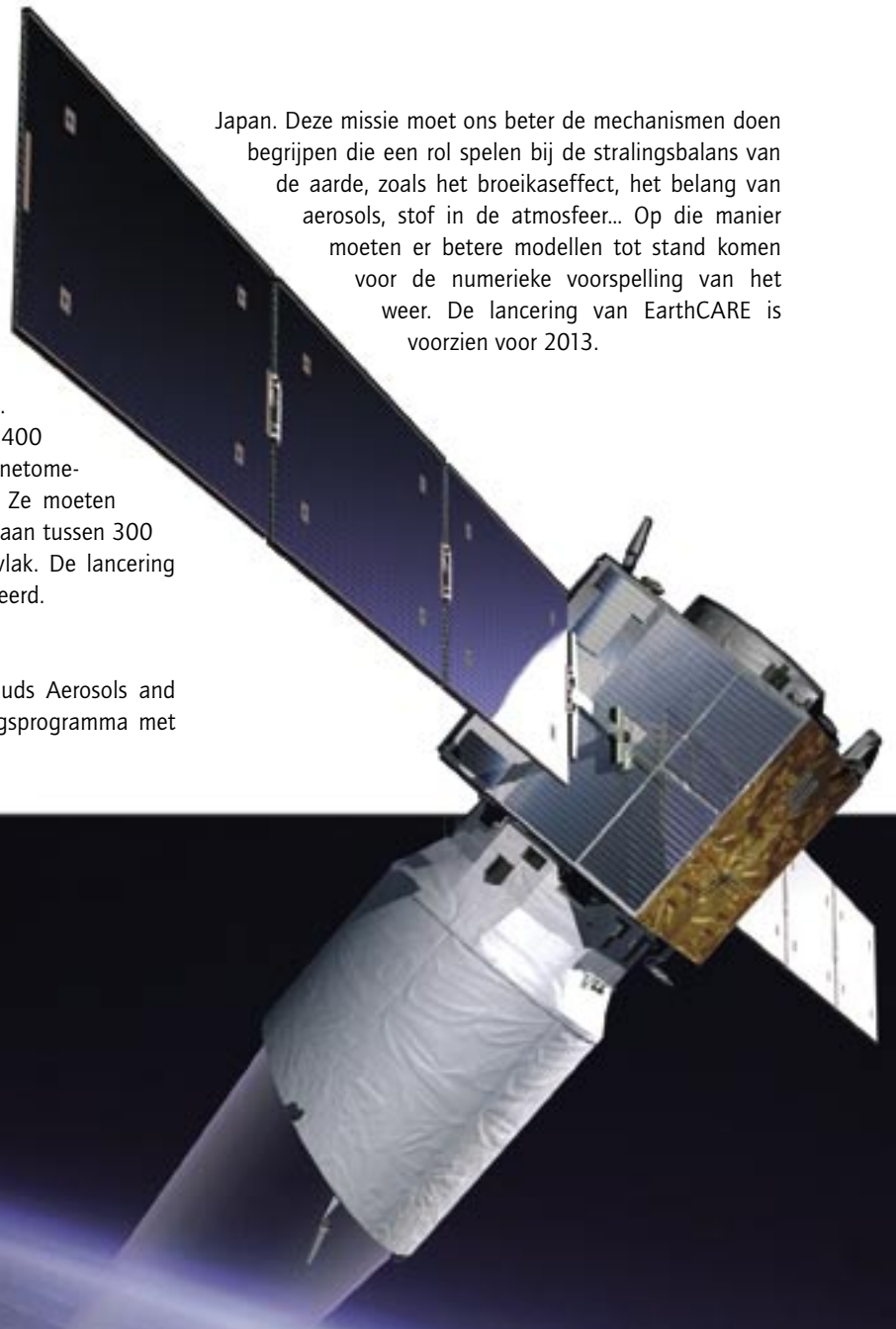
Swarm

Deze Opportunity Mission bestaat uit een vloot van drie satellieten, die het magnetisch veld van de aarde zullen bestuderen en de evolutie ervan in de tijd. De drie kleine satellieten wegen elk 30 à 400 kilogram en zullen uitgerust zijn met magnetometers, accelerometers en lasertelemeters. Ze moeten gedurende vier jaar ronddraaien in een baan tussen 300 en 530 kilometer boven het aardoppervlak. De lancering van Swarm staat voor 2010 geprogrammeerd.

EarthCARE

De Core Mission EarthCARE (Earth Clouds Aerosols and Radiation Explorer) is een samenwerkingsprogramma met

Japan. Deze missie moet ons beter de mechanismen doen begrijpen die een rol spelen bij de stralingsbalans van de aarde, zoals het broeikaseffect, het belang van aerosols, stof in de atmosfeer... Op die manier moeten er betere modellen tot stand komen voor de numerieke voorspelling van het weer. De lancering van EarthCARE is voorzien voor 2013.



Aeolus © ESA



Nieuwe reeks

Momenteel worden zes nieuwe projecten bestudeerd. ESA heeft onder wetenschappers een selectieprocedure gestart. Van deze zes bijkomende projecten zal er slechts één worden gekozen. Het zijn:

BIOMASS (monitoring van biomassa)

Deze Explorer moet met grote nauwkeurigheid het belang van de globale biomassa van bossen inschatten en er gegevens uit afleiden in verband met de koolstofcyclus. Het basisinstrument van deze missie is een SAR-radar. Die zou ook nog een blik kunnen werpen op het ijs van onze planeet en er de dikte en de interne structuur van kunnen bepalen. Hetzelfde instrument zou ook informatie kunnen leveren over de geologische toestand en de vochtigheid van de bodem in warme streken.

TRAQ (luchtkwaliteit en transport over grote afstanden van vervuilende stoffen in de lucht)

Hoe snel evolueert de luchtkwaliteit en op welke geografische schaal vindt deze plaats? Deze missie zou een antwoord moeten leveren op deze vraag door niet alleen de oorzaken vast te stellen maar ook 'putten' van aerosols en gassen in de troposfeer waar te nemen. Het verband dat bestaat tussen aerosols en wolkenformaties moet ook meer inzicht opleveren over het transport van vervuilende stoffen. TRAQ zou uitgerust worden met spectrometers, die waarnemingen kunnen verrichten van het ultraviolet tot het infrarood en met een camera om wolken te fotograferen.

PREMIER (verbanden tussen sporengassen in de atmosfeer, straling en de scheikunde van de atmosfeer)

Sporengassen in de stratosfeer, straling en de scheikunde van de hoge troposfeer en de lage stratosfeer, evenals stralingseffecten van het water en van wolken in dit deel van de aardse atmosfeer staan centraal bij de waarnemingen van deze Explorer. Die is daarvoor uitgerust met een infraroodspectrometer, die waarneemt via de zogenaamde occultatietechniek. De waarnemingsgegevens moeten worden vergeleken met de metingen van het polaire weerplatform MetOp, dat geëxploiteerd wordt door de organisatie Eumetsat, en van het Amerikaans systeem National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System (NPOESS).

FLEX (onderzoek van fotosynthese via metingen van fluorescentie)

De manier waarop fotosynthese gebeurt is een aanwijzing van de gezondheidstoestand van vegetatie. Met FLEX willen onderzoekers daarvan op globale schaal een kaart samenstellen door de emissie van de fluorescentie van chlorofyl waar te nemen. Dat geeft een idee van hoe fel dit proces verloopt. Vegetatie zendt dit soort straling uit in zichtbaar en infrarood licht. Ook hier wordt een uiterst gevoelige spectrometer gebruikt om het zwakke signaal van deze fluorescentie op te vangen, zodat men het kan onderscheiden van de weerkaatsing van het zonlicht 'op de achtergrond'.

A-SCOPE (globale en plaatselijke koolstofcycli)

Deze missie neemt de totale kolom koolstofdioxide in de atmosfeer waar met behulp van een lidar, die bijkomend ook heel nauwkeurig de *canopy*-hoogte kan meten. Als bonus kan deze Earth Explorer ook nog bijkomende informatie leveren over het wolkendek en aerosols.

CoReH2O (cycli van water onder de vorm van sneeuw en ijs)

Deze satelliet is uitgerust met twee SAR-radars, die in twee verschillende frequenties waarnemen. Zo kunnen ze een maximum aan informatie verzamelen over bepaalde onderdelen van de watercyclus, waarover momenteel nog niet heel veel bekend is. Het gaat vooral over gletsjers, sneeuwlagen en oppervlaktewater. Op die manier kan men betere modellen opstellen van deze cycli, in het bijzonder voor hoge breedtegraden, maar ook zorgen voor betere voorspellingen van reserves van drinkwater en van de evolutie van gletsjers in functie van de klimaatveranderingen.



esa-mm.esa.int/multimedia/earthexplorers2_8_05

2008: GOCE en SMOS

Aftellen voor de eerste twee Earth Explorers

De eerste twee Earth Explorers van ESA gaan weldra de ruimte in. De Core Mission *Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer (GOCE)* moet deze zomer vertrekken vanaf de Russische kosmodroom Plesetsk met behulp van een Rockot-lanceerraket. Deze missie gaat het zwaartekrachtveld van de aarde onderzoeken.

In april 2009 is het de beurt aan de Opportunity Mission *Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS)*, die eveneens vanaf Plesetsk wordt gelanceerd. SMOS zal op grote schaal de vochtigheid van de bodem meten. Op die manier kan men door gerichte besproeiing in de landbouw rendementsverlies als gevolg van droogte tegengaan. Deze satelliet zal ook de evolutie van het zoutgehalte van de zeeën en de oceanen onderzoeken. Bij deze gelegenheid zal overigens ook de Belgische satelliet PROBA 2 voor de waarneming van de zon gelanceerd worden.

De satellieten ERS en Envisat leverden reeds modellen op van het werkelijke «gelaat» van de aarde. Met de Earth Explorer GOCE zal dit beeld nog exacter worden. © ESA

GOCE: technische fiche

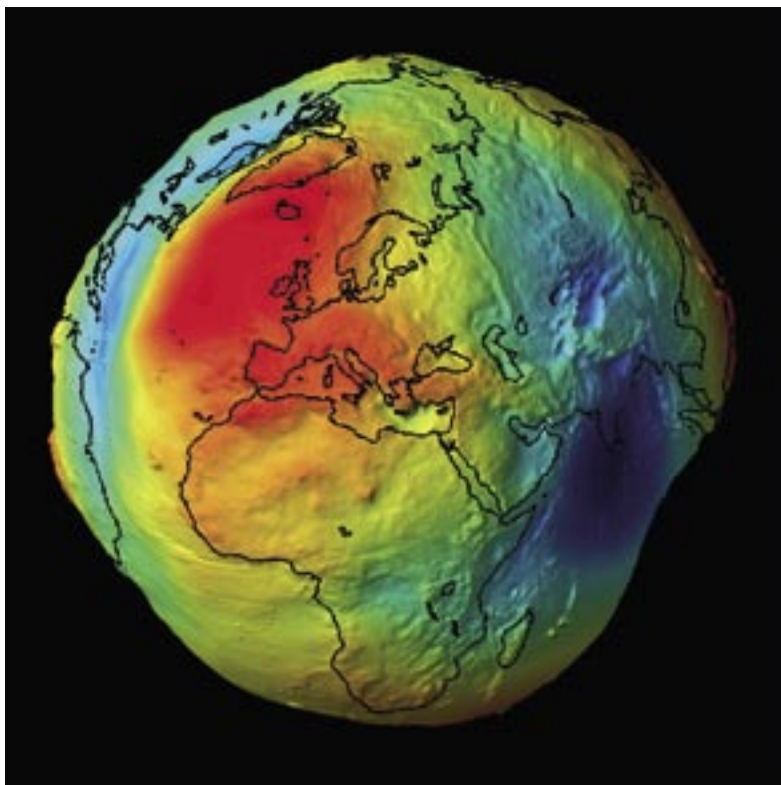
We leerden het zo op school, maar eigenlijk is de aarde niet helemaal rond. Ten minste... onze planeet is niet perfect rond en ook niet perfect glad. Het theoretische oppervlak van de aarde wordt aangeduid met de benaming *geoïde* waarin als het ware een aantal 'deuken' zitten, waardoor de aarde er eerder als een (weliswaar bijna bolvormige) aardappel uitziet. De specialisten van de gravimetrie willen weten hoe het zwaartekrachtveld van de aarde evolueert naargelang de plaats van meting.

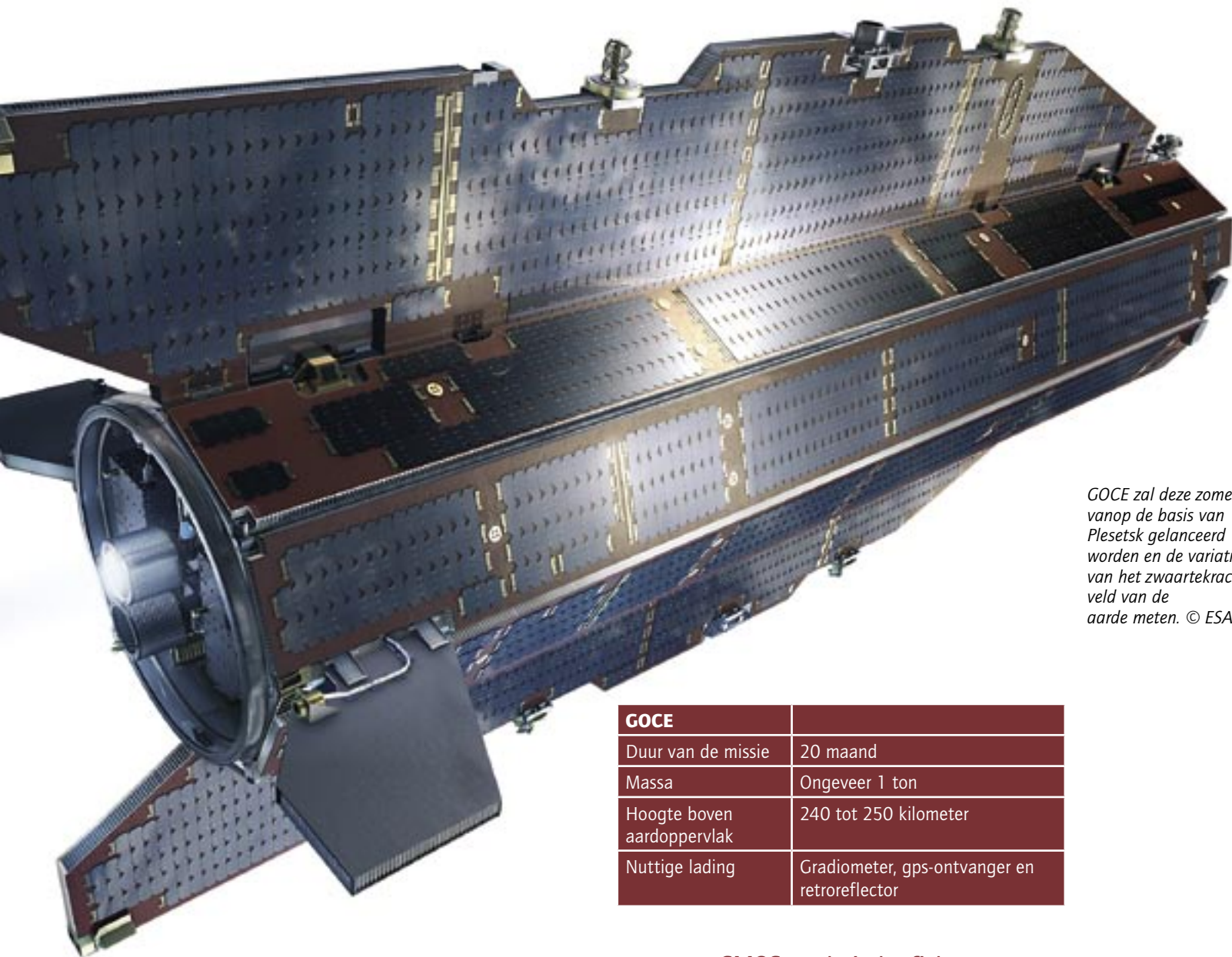
De aardse zwaartekracht is inderdaad niet overal op onze planeet gelijk en hangt af van verschillende parameters. Zo zijn er zones met 'anomalieën', waar de zwaartekracht (iets) zwakker is dan elders.

GOCE gaat de verschillen in het zwaartekrachtveld van de aarde meten. Daaruit zal men een nieuwe *geoïde* kunnen bepalen. Het is de theoretische vorm van de aarde als ze volledig zou bedekt zijn door een oceaan in rust en met bergen en dalen die alleen door de zwaartekracht gevormd worden. De *geoïde* is een theoretisch en universeel referentiepunt waarbij de gravitatiepotentiaal constant is. De afwijkingen ten overstaan van een ellipsoïdaal model van de aarde kunnen tot 100 meter bedragen.

De juiste bepaling van de *geoïde* is belangrijk voor de cartografie en de geodesie, het onderzoek van de inwendige dynamica van de aarde, de stromingen in de oceanen, de beweging van ijslagen en het bepalen van de veranderingen van het zeeniveau. De satelliet GOCE zal deze variaties kunnen bepalen met een nauwkeurigheid van één centimeter en een resolutie in de ruimte van 100 kilometer.

Gewoonlijk wordt het zwaartekrachtveld bepaald door de versnelling te meten van een massa die in vrije val is in een luchtledige buis. Het belangrijkste instrument aan boord van GOCE is een elektrostatische gradiometer van de zwaartekracht en omvat drie paren accelerometers. Ze omsluiten elk kleine massa's die in de drie richtingen elektrostatisch zijn opgehangen.





GOCE zal deze zomer vanop de basis van Plesetsk gelanceerd worden en de variaties van het zwaartekrachtveld van de aarde meten. © ESA

GOCE	
Duur van de missie	20 maand
Massa	Ongeveer 1 ton
Hoogte boven aardoppervlak	240 tot 250 kilometer
Nuttige lading	Gradiometer, gps-ontvanger en retroreflector

SMOS: technische fiche

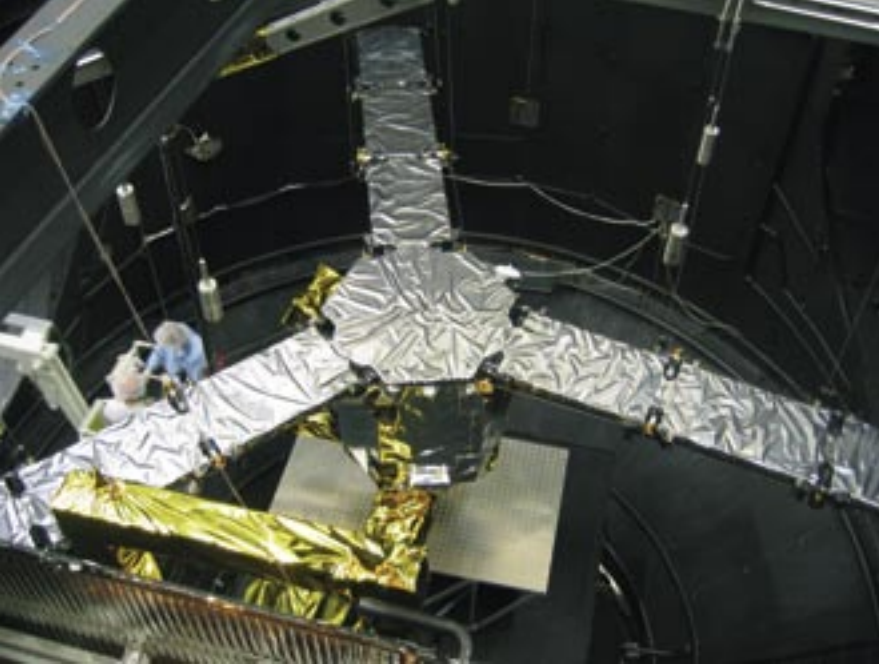
Wanneer GOCE over een deel van de aarde vliegt waar het zwaartekrachtveld afwijkingen vertoont, zullen de accelerometers reageren en op die manier een driedimensionaal beeld opleveren van het zwaartekrachtveld van onze planeet. Deze gradiometer is honderd keer gevoeliger dan tot nu toe gebruikte instrumenten.

Een van de problemen waarmee men te maken heeft bij de waarneming van het zwaartekrachtveld vanuit de ruimte, is dat de kracht van het signaal afneemt met de afstand. Daarom zal GOCE in een 'lage' baan op een hoogte van 250 kilometer boven het aardoppervlak vliegen. Een andere technologische uitdaging heeft te maken met de satelliet zelf. De uiterst gevoelige instrumenten aan boord mogen immers niet gestoord worden door de kunstmaan zelf. Daarom bevindt er zich geen enkel beweegbaar onderdeel aan boord van het ruimtetuig.

Het vochtgehalte van de bodem is een zeer belangrijke variabele bij zeer veel toepassingen gaande van hydrologie tot de weersvoorspelling en het opvolgen van de evolutie van het klimaat. Er is immers een rechtstreeks verband met de vochtigheid van de atmosfeer en dus ook met het weer. Maar er is ook een belang voor de waterreserves, de aanvoer van voedingsstoffen voor vegetatie of absorptie door de bodem. Dat is dan weer een belangrijk gegeven voor het inschatten van de risico's op overstromingen.

Een goede kennis van de vochtigheid van de bodem is cruciaal om de verschillende bestanddelen van de watercyclus op de aarde te kunnen inschatten. Precies om op globale schaal deze bodemvochtigheid en ook het zoutgehalte van de oceanen te bepalen kreeg de missie SMOS groen licht.

Nauwkeurige en herhaalde metingen van het zoutgehalte van de oceanen zijn eveneens uiterst belangrijk. Wanneer dit zoutgehalte verandert, bijvoorbeeld via de aanvoer van



Earth Explorer SMOS wordt getest bij ESTEC, het technologisch centrum van de ESA in Nederland.
© ESA

zoet water als gevolg van het afsmelten van ijs, is het mogelijk dat er veranderingen optreden in zeestromingen. Wat zouden de gevolgen niet zijn als bijvoorbeeld de Golfstroom, verantwoordelijk voor het gematigd klimaat in Europa, zou vertragen of zelfs stoppen... Dat zou misschien bijzonder strenge winters als gevolg hebben, te vergelijken met wat men aan de oostkust van de Verenigde Staten gewoon is, maar tegelijk ook perioden van grote droogte tijdens de zomer.

Het basisinstrument van de satelliet heet MIRAS of *Microwave Imaging Radiometer using Aperture Synthesis*. Deze radiometer neemt in hyperfrequenties de 'signatuur' waar van een oppervlak. Elk object zendt immers niet alleen thermische straling uit, maar ook straling in hyperfrequenties. Deze straling is overigens heel zwak en ongevaarlijk. De ESA-specialisten hebben berekend dat alle dergelijke straling van heel Scandinavië nauwelijks de helft bedraagt van die in een microgolfoven...

Toch varieert de emissie van dergelijke straling door de bodem in functie van het vochtgehalte en die van de oceanen in functie van het zoutgehalte. Met de MIRAS-detector zal SMOS uiterst minieme veranderingen in de concentraties kunnen waarnemen. Het is de eerste satelliet die dit soort informatie op wereldschaal levert en dat met een resolutie in de orde van 200 kilometer. Om de drie dagen worden de gegevens bovendien vernieuwd.

SMOS	
Duur van de missie	3 tot 5 jaar
Massa	600 kilogram
Hoogte boven aardoppervlak	755 km
Nuttige lading	MIRAS, een radiometer om opnamen te maken in hyperfrequenties



SMOS is de tweede Earth Explorer. © ESA

Operationele hoogtemetingen van de oceanen met Jason 2

Om het milieu en zijn evolutie te kunnen waarnemen is de continuïteit van de waarnemingen en van het verzamelen van gegevens van primordiaal belang. Dat geldt zowel voor waarnemingen van het land als van de oceanen, die een belangrijke rol spelen bij het klimaat van onze planeet en de evolutie ervan.

Een voorbeeld... Zeestromingen zijn dragers van energie waar men niet omheen kan. Ze verdelen constant grote hoeveelheden energie van de warme gebieden van de planeet naar meer koude zones. In Europa kennen we goed het verschijnsel van de Golfstroom, dat we hiervoor al noemden.

Op wereldschaal bekeken is dit evenwicht allesbehalve onveranderlijk. De schommelingen van het klimaat hebben een rechtstreekse impact op onder meer het niveau, zoutgehalte en de stromingen van zeeën en oceanen. Dat geldt zowel voor ijstijden of perioden van globale opwarming.

Uiteraard heeft het verband tussen de oceanen en het klimaat niet alleen te maken met dit transport van energie. De oceanen spelen ook een rol bij de koolstofcyclus, die een belangrijke factor is bij het broeikaseffect. Elke klimaatverandering als gevolg van het broeikaseffect heeft ook gevolgen voor de oceanen en hun stromingen. De capaciteit van de oceanen om koolstof in de atmosfeer op te vangen en op te slaan, is een ander interessant onderzoeksdomein dat rechtstreeks te maken heeft met de evolutie van het klimaat op de aarde. Het gaat om een onderzoeksthema dat van steeds meer globale gegevens kan gebruikmaken. Dergelijke data kunnen alleen maar door satellieten worden geleverd.

Om de 'kleine gewoonten' te kunnen bestuderen van de vloeibare massa die drie vierde van het oppervlak van onze planeet bedekt, beschikken onderzoekers over een reeks satellieten waar men niet meer omheen kan en die bedoeld zijn voor topografie van de oceanen. Ze werden door Frankrijk in samenwerking met de Verenigde Staten ontwikkeld. Het gaat om Topex/Poseidon, gevolgd door de Jason-satellieten. Dit systeem is reeds meer dan 15 jaar operationeel en dit jaar staat een derde generatie van satellieten op stapel.

Jason 2 moet in juni 2008 in een baan om de aarde komen. Sinds 1992 neemt Frankrijk (via zijn ruimteagentschap CNES) met de missie Topex/Poseidon in samenwerking met de Verenigde Staten (het Jet Propulsion Laboratory van de NASA in Pasadena in Californië) ononderbroken het oppervlak van de zeeën en oceanen van onze planeet waar. In december 2001 nam de satelliet Jason 1 het vaandel van Topex/Poseidon over. De kunstmannen stelden onder meer vast dat het niveau van de oceanen jaarlijks met ongeveer 3 millimeter toeneemt.



Het AATSR-instrument van Envisat meet de temperatuur van het oppervlak van zeeën en oceanen met een nauwkeurigheid van 0,2 graden. © ESA



Envisat is geen weersatelliet maar zijn instrumenten observeren ook atmosferische fenomenen zoals hier de orkaan Dean, op 27 augustus 2007 ten zuiden van Haiti. © ESA

Deze zomer is het de beurt aan Jason 2 om zijn voorganger Jason 1 af te lossen. Deze nieuwe kunstmaan zal vanuit een baan op 1336 kilometer hoogte waarnemingen uitvoeren. Hij heeft acht meetinstrumenten aan boord. Vijf ervan zijn verbeterde versies van instrumenten aan boord van Jason 1. De altimeter Poseidon 3 is het belangrijkste instrument van de missie. Hij meet de afstand tussen de satelliet en het zeeoppervlak. Deze radar zendt golven uit in twee verschillende frequenties en analyseert het signaal dat door het oppervlak wordt weerkaatst. De tijd die de golf er heen en weer over doet wordt zeer nauwkeurig gemeten en via enkele correcties kan men de afstand tussen de satelliet en het oppervlak berekenen.

Poseidon 3 zal gekoppeld worden aan het instrument DORIS voor geodetische positiebepaling. Zo kan men beter gegevens verzamelen nabij kustgebieden. Het tweede instrument is de radiometer AMR. Die meet verstoringen als gevolg van de aanwezigheid van water in de atmosfeer. Dit instrument onderzoekt de straling die door het oppervlak wordt uitgezonden in drie verschillende frequenties. Het doel is de bepaling van de hoeveelheid waterdamp en vloeibaar water in de atmosfeer door de combinatie van de meetgegevens in elk van deze frequenties. Eenmaal deze hoeveelheid water bekend is, leidt men er de correctie uit af die gebruikt wordt bij de hoogtemetingen, aangezien de radargolf van de altimeter vertraagt wordt door het water in de atmosfeer. AMR is een verbeterde versie van de radiometer aan boord van Jason 1 (JMR), die door de NASA werd ontwikkeld.

Met het systeem voor positiebepaling DORIS en nog twee andere systemen voor plaatsbepaling (GPSP en LRA) kan Jason 2 metingen uitvoeren met een nauwkeurigheid in de orde van een tiental millimeter. LRA (plaatsbepaling via laser) is weliswaar heel nauwkeurig, maar is beperkt omdat er grondstations voor nodig zijn, het vrij moeilijk in gebruik is en omdat er beperkingen zijn als gevolg van meteorologische omstandigheden. Het dient om de twee andere instrumenten te calibreren zodat de baan van de satelliet zo nauwkeurig mogelijk kan bepaald worden. GPSP (GPS) vult de gegevens van DORIS aan bij de nauwkeurige bepaling in *real time* van de baan van de satelliet.

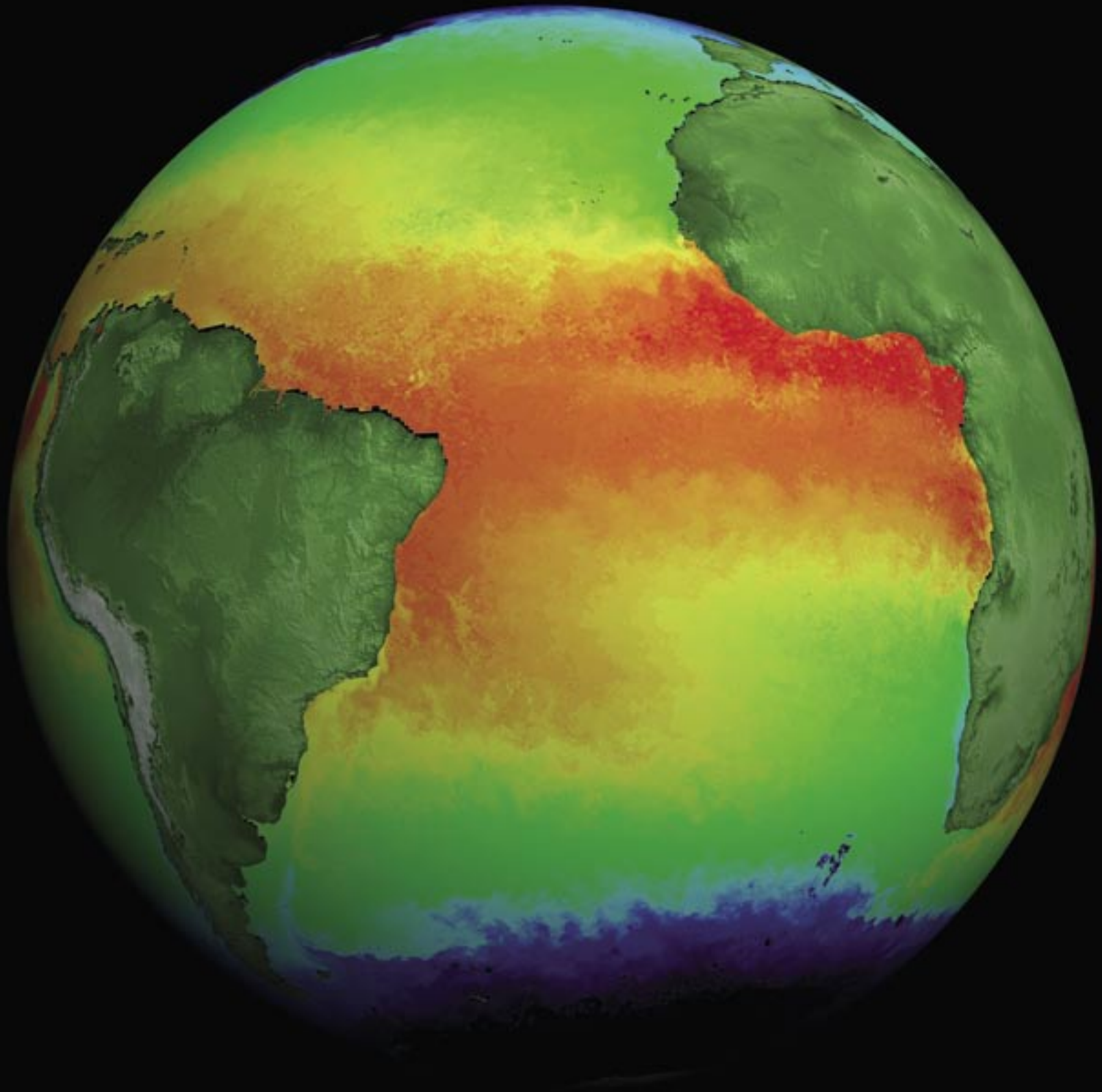
Tenslotte vullen drie experimentele instrumenten het gamma wetenschappelijke instrumenten aan boord van Jason 2 aan. Carmen 2, LPT (Light Particles Telescope) en T2L2 (Time Transfer by Laser Link) zijn twee dosimeters en een instrument om DORIS te calibreren.

Operationele exploitatie

Met Jason 2 komt de altimetrie (hoogtemeting) van de oceanen in een operationele fase. Bij de twee Frans-Amerikaanse partners van de beginperiode komen nu ook twee operationele gebruikers: het Europese agentschap Eumetsat en zijn Amerikaanse tegenhanger NOAA. Met deze twee organisaties van 'het terrein' worden met behulp van de gegevens van Jason 2 diensten in *real time* mogelijk voor verschillende soorten gebruikers. Enerzijds gaat het om voorspellingen van de toestand van zeeën en oceanen, anderzijds ook over honderden onderzoeksprojecten op het vlak van de oceanografie en het klimaat, die door wetenschappelijke teams in alle uithoeken van de wereld worden uitgevoerd.

'Jason 2 zal ook een essentieel bestanddeel zijn van het oceanografisch onderdeel van de systemen GMES en GEOSS', aldus CNES. GEOSS is het mondiaal netwerk van observatiesystemen van de aarde, waarbij 71 landen betrokken zijn.

De synthetische apertuur radar van Envisat observeert hier Kaapstad en omgeving. © ESA



Zeestromingen en warmtetransfers in oceanen bepalen het klimaat op aarde. Op dit Envisat-beeld zien we de evolutie van de oceaantemperatuur van de Noord- tot de Zuidpool. © ESA

GMES

Europese 'schildwachten' voor het milieu

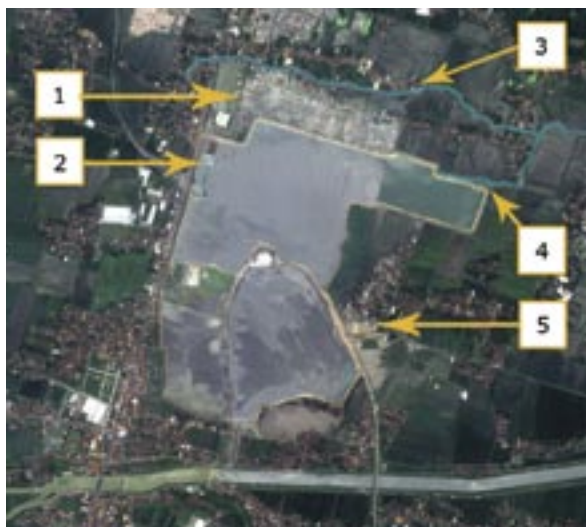


Het Vegetation-instrument observeert regelmatig de concentratie van fytoplankton in de Amazonemonding.
© VITO/Spot

GMES of Global Monitoring for Environment and Security is een Europees initiatief voor informatiediensten, gebaseerd op aardobservatiegegevens. Deze gegevens komen van satellieten voor aardobservatie in een baan om de aarde, maar ook van meetinstrumenten op de aarde, op zee en in de lucht.

Momenteel bestaan er in Europa reeds zulke diensten. Maar ze zijn relatief verspreid en er is geen echte garantie dat ze over lange tijd beschikbaar blijven. Een uitzondering is de meteorologie. Met GMES willen de Europese autoriteiten beter deze bronnen coördineren en ze omzetten naar diensten voor nationale, regionale en lokale gemeenschappen of voor groepen van burgers met specifieke vragen of welbepaalde beroepen zoals vissers en transporteurs.

De opvolging van lavastromen, het opsporen van een lek in een oliepijplijn of de waarneming van bosbranden... De toepassingen van aardobservatiesatellieten zijn talrijk.
© Spot



De progressieve ingebruikneming van de GMES-diensten steunt op de activiteiten van de lidstaten van de Europese Unie en ESA en op door deze staten goedgekeurde investeringen. Het is ook een strategisch initiatief dat zorgt voor een betere toegang tot informatie over het milieu, de klimaatverandering en veiligheid.

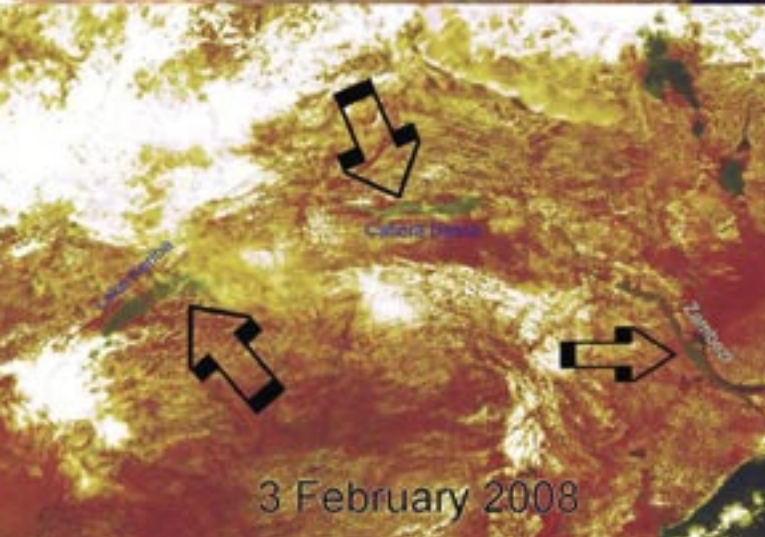
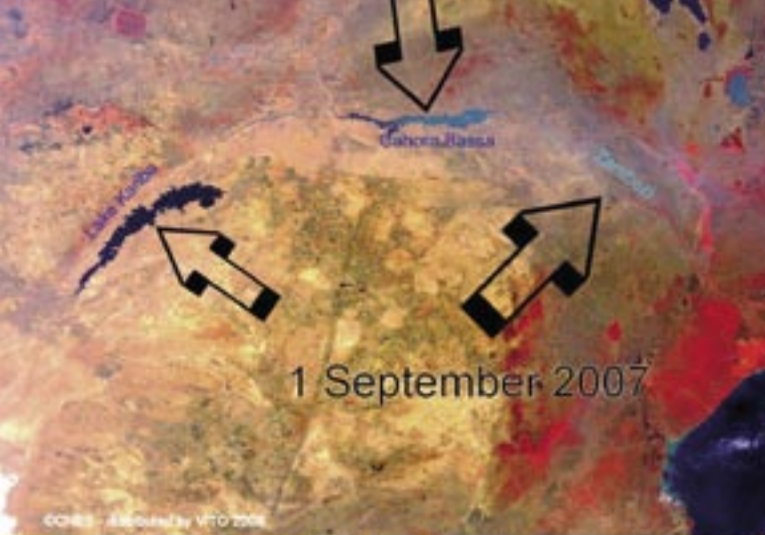
Het ruimtevaartluik van dit programma steunt op een reeks gespecialiseerde satellieten voor aardobservatie: de Sentinels ('Schildwachten'). ESA is belast met de ontwikkeling en de realisatie van deze satellieten. Deze ruimte-infrastructuur moet beantwoorden aan de noden die door de Europese Commissie zijn vastgelegd op het vlak van de GMES-diensten.

**758 + 419 miljoen euro
voor de eerste drie satellieten**

Eind februari tekenden de directeur-generaal van de ESA, Jean-Jacques Dordain, en zijn collega Heinz Zourek van het directoraat Bedrijven en Industrie bij de Europese Commissie in Brussel een contract dat ESA een belangrijk budget van ongeveer 700 miljoen euro verschaft als bijdrage van de Commissie voor de ontwikkeling van het ruimtebestanddeel van GMES.

De overdracht van deze bijdrage gebeurt in twee etappes: 419 miljoen euro voor het eerste luik van het programma, daarna 205 miljoen euro (te bevestigen) voor het tweede





onderdeel. Dit tweede luik is trouwens het voorwerp van een voorstel waarvoor de ESA-lidstaten kunnen intekenen tijdens de bijeenkomst van de Raad van het agentschap die in november 2008 op ministerieel niveau plaatsvindt. De ESA-lidstaten hebben overigens al voor een bedrag van 758 miljoen euro in twee etappes (2005 en 2007) de hand in de geldbeugel gestopt voor het eerste luik van het programma. Het in Brussel ondertekende akkoord en de financiële bijdragen van de ESA-lidstaten maken de ontwikkeling en lancering mogelijk van de eerste drie Sentinel-satellieten (Sentinel 1, 2 en 3) en van het noodzakelijke grondsegment voor de ontvangst, verwerking en verspreiding van gegevens van de Sentinel-satellieten en van andere kunstmannen.

Sentinel 1 zal 24 uur op 24 uur en onder alle weersomstandigheden radarbeelden maken van de oceanen en het land. Sentinel 2 zal optische opnamen met hoge resolutie maken van land. Sentinel 3 zal dan weer uitgerust zijn met een aantal instrumenten voor altimetrie en op wereldwijde schaal de oceanen en het land waarnemen.

Na uitzonderlijk zware regenval tussen december 2007 en januari 2008, zagen de inwoners van de Karibaregio het peil van het meer stijgen met meer dan 2,2 meter. Satellieten zoals Spot 5 en het instrument Vegetation konden de evolutie van de Zambezirivier stroomafwaarts volgen nadat de spaarbekkens werden geopend.
© VITO/CNES

Een kwarteeuw Belgische expertise

De ontwikkeling van hulpmiddelen om oogsten te voorspellen, het opvolgen van de gevolgen van de klimaatverandering op de visvoorraden in het Tanganyikameer, het waarnemen van de ziekteoverbrengers van de blauwtongziekte op basis van verschillende soorten gegevens van aardobservatie... Deze voorbeelden van onderzoeksprojecten die verband houden met de klimaatverandering en die beroep doen op satellieten tonen mooi aan dat de Belgische onderzoekers in dit domein van de partij zijn.

Gedurende bijna een kwarteeuw heeft België een ontegensprekelijke ervaring opgebouwd op het vlak van het gebruik van satellietgegevens bij het onderzoek van de evolutie van het klimaat. Verschillende teams van universiteiten en onderzoeksinstituten in ons land zijn aldus regelmatig betrokken bij programma's die door het Federaal Wetenschapsbeleid worden opgestart of ondersteund.

Op nationaal niveau leidt het Federaal Wetenschapsbeleid verschillende federale programma's in verband met aardobservatie.

Dat was het geval voor de *Telsat*-programma's, gelanceerd in 1985 in het zog van de Belgische deelname aan het SPOT-programma van aardobservatiesatellieten. Tot 2001 waren er, verspreid over verschillende jaren, vier dergelijke *Telsat*-programma's. Bij deze programma's waren naast het Federaal Wetenschapsbeleid nog andere federale entiteiten en departementen betrokken.

Het federaal onderzoeksprogramma voor aardobservatie *Stereo I* was de opvolger van de *Telsat*-programma's. Het liep gedurende vijf jaar van 2001 tot 2006 en was goed voor de realisatie van 50 projecten. Een eindpublicatie van het programma, mooi geïllustreerd en voor iedereen toegankelijk, is op eenvoudige aanvraag (ouda@belspo.be) te verkrijgen.

Eind 2006 werd het programma *Stereo II* gelanceerd. Het richt zich resoluut op internationale deelname en verschillende disciplines. Voor *Stereo II* werden een reeks thematische onderzoeksprioriteiten vastgelegd, die geïnspireerd zijn op de doelstellingen van het GMES-initiatief. Het gaat om globale monitoring, milieubeheer, gezondheid en humanitaire hulp, veiligheid en risicobeheer.

In het kader van zijn bijdrage aan het programma SPOT staat België in voor de verwerking, archivering en verspreiding van gegevens van de *Vegetation*-instrumenten, die deel uitmaken van de nuttige lading aan boord van de satellieten SPOT 4 en SPOT 5. Het aanbieden van een dienst waarbij in *real time* en wereldwijd gegevens worden verspreid heeft de weg geopend tot de ontwikkeling van nieuwe operationele diensten. Dat sluit aan bij de Europese doelstellingen (ontwikkeling van diensten en producten) in het kader van het programma GMES. Dat is nog een versterking van de strategische doeleinden van deze programma's van het Federaal Wetenschapsbeleid.



Belgian earth observation platform
eo.belspo.be/About/Programmes.aspx
GMES
www.gmes.info
EOEdu
eoedu.belspo.be

Europa en de waarneming van het klimaat

Een gesprek met Jean-Jacques Dordain, directeur-generaal van ESA

Space Connection: Dit jaar worden de satellieten GOCE en SMOS gelanceerd, de eerste twee satellieten van de Earth Explorer-reeks van ESA. Wat is hun betekenis voor Europa en de Europese ruimtevaartorganisatie?

Jean-Jacques Dordain: Het programma Earth Explorer is volgens mij één van de mooiste en meest ambitieuze programma's van ESA. Dit jaar worden inderdaad de eerste twee satellieten van dit programma gelanceerd. Er zullen er nog meer volgen. De volgende tien jaar zal er gemiddeld elk jaar een Explorer in een baan om de aarde worden gebracht. Dat is voor een ruimtevaartorganisatie uitzonderlijk. Niemand anders zal zo iets doen.

Voor ons gaat het erom het vaandel van Envisat over te nemen en de continuïteit te verzekeren van de gegevens die deze satelliet verzamelt. Maar we willen onze kennis van het 'systeem aarde' ook verbeteren. Elke Earth Explorer zal gegevens verzamelen in heel specifieke domeinen: de stroming van de oceanen, de wind, de vochtigheid, de zwaartekracht enz... De nieuwe satellieten moeten onze kennis van het milieu dus aanzienlijk doen toenemen. Dat zal zorgen voor een grote vooruitgang van de wetenschap, maar ook van wat er na de wetenschap komt. Men kan wetenschap

namelijk niet los zien van dienstverlening naar de burgers toe.

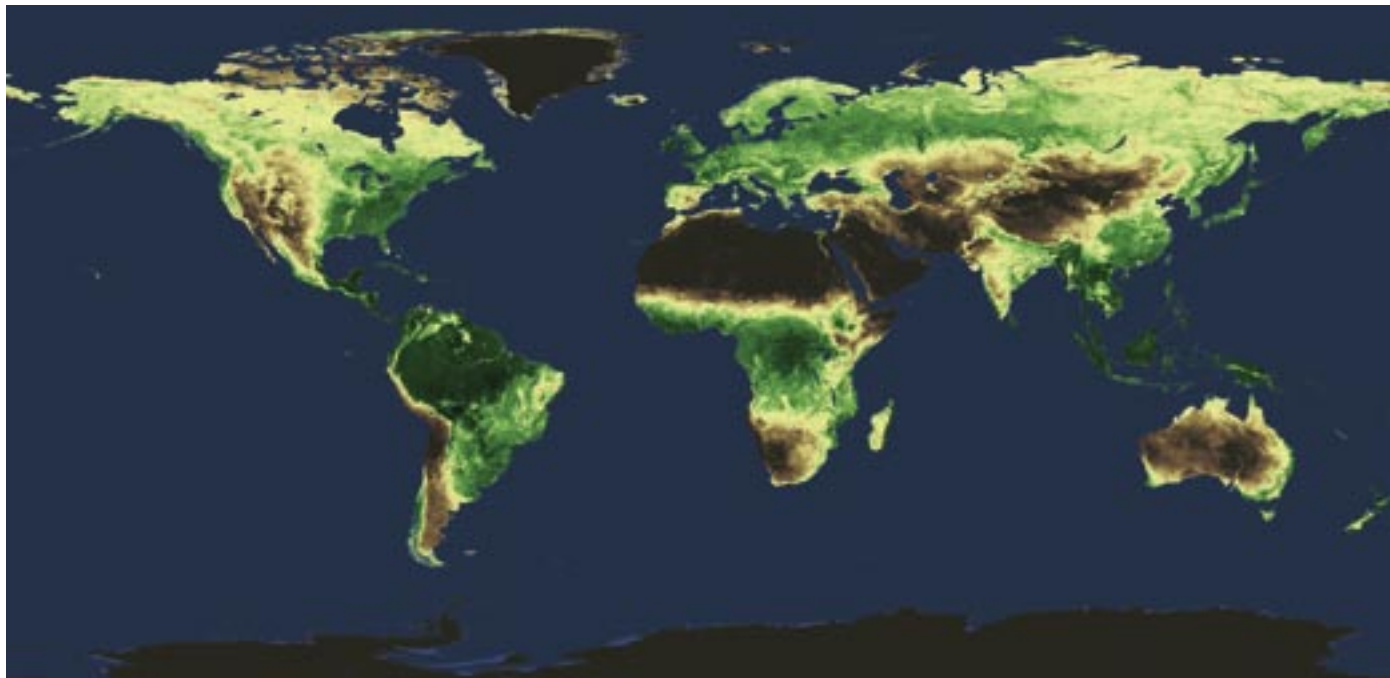
SC: U verwijst hier naar het initiatief GMES van de Europese Unie, het uitgebreide programma voor de globale waarneming van de aarde en het milieu waarvoor vijf andere satellieten - de Sentinels - op stapel staan in samenwerking met ESA?

JJD: Inderdaad. Drie Sentinel-satellieten hebben reeds groen licht gekregen en twee andere zouden moeten volgen. Als de Earth Explorers meer gericht zijn op de wetenschap, dan zijn de Sentinels eerder bestemd voor diensten. Daarbij zijn de satellieten slechts een hulpmiddel. In deze context mag men ook de weersatellieten niet vergeten, die uitgebaat worden door de organisatie Eumetsat.

SC: Wat staat er op de komende ESA-ministerconferentie eind dit jaar in Den Haag in Nederland op het spel, wat aardobservatie betreft?

JJD: Eerst en vooral moeten er financiële beslissingen worden genomen over het tweede segment van het programma GMES. Op dit ogenblik is de financiering van dit programma

In maart 2008 stelde een internationaal consortium bestaande uit o.a. ESA, het Europese milieuagentschap en universitaire teams van de Universiteit Catholique de Louvain, de kaart GlobCover voor. Deze kaart verzamelt gegevens van de spectrometer Meris van de satelliet Envisat.



allesbehalve rond. Voor de eerste drie Sentinel-satellieten is er al geld gevonden, maar nog niet voor de twee laatste. Sentinel 1, 2 en 3 zullen gelanceerd worden tussen 2011 en 2012, gevolgd door de twee laatste exemplaren. Maar we moeten ook al denken aan nieuwe satellieten die rond 2015-2017 zouden moeten gelanceerd worden. We moeten een oplossing vinden zodat de continuïteit van de diensten verzekerd wordt. Een dienst moet per definitie kunnen doorlopen. Het is tijd dat we in Den Haag nadenken over hoe we dat gaan realiseren.

SC: Er wordt dikwijls over bemane ruimtevluchten gesproken. Met de lancering van het eerste Europese vrachtruimteschip Automated Transfer Vehicle (ATV) naar het internationaal ruimtestation heeft ESA aangetoond dat het heel complexe en zware ruimtetuigen kan lanceren. Gaat ESA op het eind van het jaar de start van een nieuw programma voor bemane ruimtevluchten voorstellen?

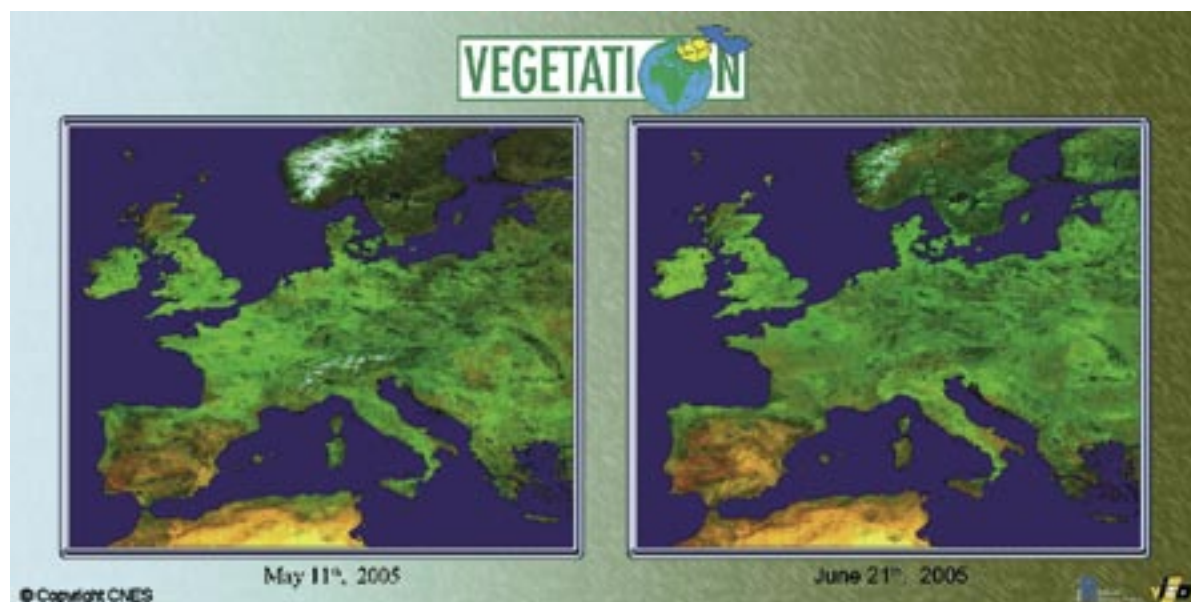
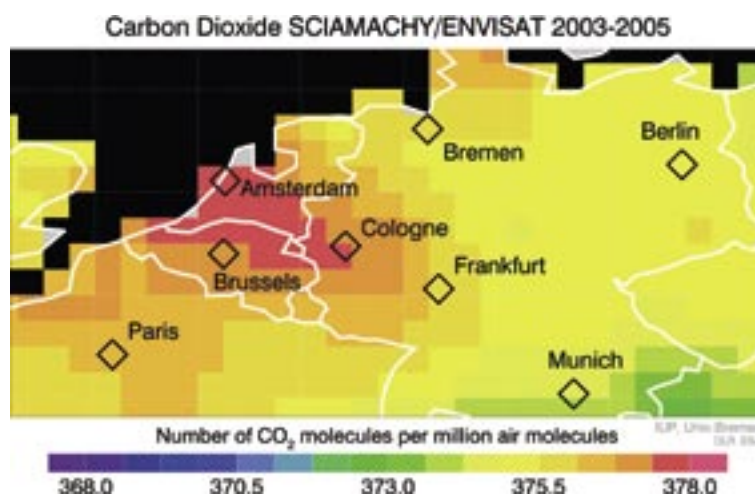
JJD: We hebben al een aantal denkpluizen om verder te bouwen op de knowhow die we ontwikkelden voor ATV. Ik denk dan onder meer automatische ruimtetuigen en het uitvoeren van koppelingen in de ruimte. Dat weerspiegelt zich in heel wat zaken, bijv. bij het ophalen van stalen van de Marsbodem. Maar er is momenteel geen sprake van te dromen over een bemand Europees ruimteschip. Als er in verband hiermee financiële keuzes moeten gemaakt worden, dan mag dat volgens mij in geen enkel geval gebeuren ten koste van het wetenschappelijk programma van de Europese ruimtevaartorganisatie.

Christian Du Brulle



Envisat levert soms uitzonderlijke beelden, zoals hier een ondergesneeuwd Europa.
© ESA

De CO₂-concentratie in onze gewesten is de hoogste van Europa.
© ESA



Evolutie van de droogte tijdens de zomer van 2005 in Europa zoals waargenomen door het instrument Vegetation.
© CNES



Columbus, ATV Jules Verne en België

Het Meteoritic and Debris Protection System (MDPS) (Sonaca)

Het laboratorium Columbus van 12,7 ton, vastgemaakt aan het internationaal ruimtestation ISS, is ESA's stek voor onder meer experimenten in microzwaartekracht, waarnemingen van de zon en de atmosfeer en het testen van geavanceerde technologie. Er is een grote betrokkenheid van de Belgische industrie en van Belgische laboratoria:

- Spacebel (Luik en Hoeilaart) voor het beheer van apparatuur (DMS/Data Management System) en voor software voor tests en de validering van de Europese laboratorium-module.
- Sonaca (Gosselies) voor de realisatie van de structuren van het Meteoritic & Debris Protection System (MDPS) en het omhulsel van koolstofvezel voor het Fluid Cell Experiment (FCE), gerealiseerd door Verhaert Space voor het Fluid Science Laboratory (FSL) in Columbus.
- Lambda-X (Nijvel) voor de optica van het PCDF-instrument (Verhaert Space) en van de spectrometer Solspec (Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie) op het platform Solar.
- Verhaert Space (Kruikeke) bij drie gehelen van onderzoekapparatuur: het Fluid Science Laboratory (FSL) voor het onderzoek van vloeistoffen in gewichtloosheid, Biolab voor tests met biologische stalen en het European Drawer Rack (EDR), uitgerust met de Protein Crystallisation Diagnostics Facility (PCDF).
- Thales Alenia Space Antwerp (Hoboken) voor het ontwerp en de realisatie van apparatuur voor elektrische tests op aarde.
- Space Applications Services (Zaventem) voor studies over het beheer van de payloads, de definitie van de grondinfrastructuur en de opleiding van astronauten, voor de operaties in het Belgian User Support & Operation Center (B.USOC) in Ukkel.
- LMS International (Leuven) bij de virtuele processen in verband met het ontwerp van het interieur van Columbus.

De ATV *Jules Verne* van 19 ton blijft tot augustus vastgekoppeld aan het ISS. Dit is een autonoom en 'intelligent' ruimtevaartuig dat ongeveer zo groot is als een dubbeldekker. Het met een Russisch koppelgedeelte uitgeruste ruimtetuig is het belangrijkste en meest complexe dat Europa tot nu toe heeft ontwikkeld. ESA heeft nog eens vier ATV's bij de Europese industrie besteld. De NASA wil er misschien om de dienstverlening te kunnen verder zetten die de spaceshuttle nog verzekert tot 2010, het jaar waarin het ruimteveer voor het laatst vliegt. De Belgische industrie heeft ook aan de ontwikkeling en de productie van ATV deelgenomen:

- Euro Heat Pipes (EHP, Nijvel) - een *spin-off* van de ULB - voor de ontwikkeling en de levering van 52 warmtegeleiders voor de thermische controle van de avionica en het voortstuwingssysteem van elke ATV.
- Thales Alenia Space Antwerp (Hoboken) voor het testsysteem dat gebruikt werd bij de integratie van de ATV en voor operationele ondersteuning op de aarde.
- Thales Alenia Space ETCA (Charleroi) met vier schakelkasten voor de voeding van sommige ATV-eenheden en voor de voeding van de videometer waarmee een ATV aan het ISS kan worden gekoppeld.
- Spacebel (Luik en Hoeilaart) voor de levering van simulatoren van de boordcalculators, voor de deelname van de ontwikkeling van software voor het rendez-vous en de koppeling met het ISS.
- Rhea (Louvain-la-Neuve) voor het gebruik van de software Manufacturing & Operations Information System (MOIS), bestemd voor het beheer van de operaties van het complexe netwerk van centra en stations op de aarde.
- Redu Space Services (ESA-grondstation in Redu) voor het opvolgen als *back-up* van de kritische fasen van de vlucht zoals de lancering, het rendez-vous en de koppeling met het ISS en de terugkeer in de atmosfeer.
- Space Applications Services (Zaventem) voor ondersteuning bij de definitie van het gehele ATV-systeem en opleidingen voor ATV-operaties.
- LMS International (Leuven) voor de modellering van akoestische tests en vibratietests van de ATV te ESTEC in Noordwijk (Nederland).

