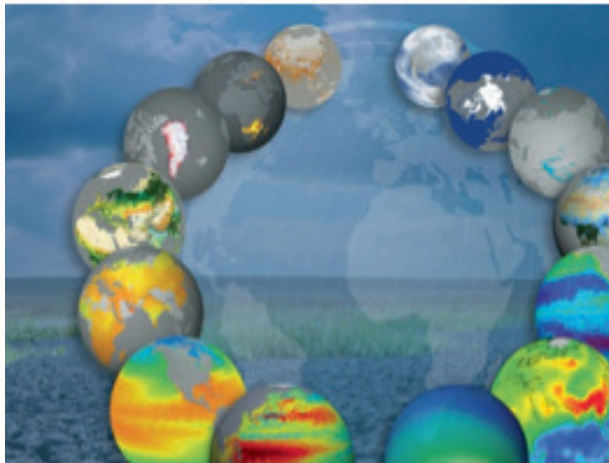


# Evolutie van de atmosfeer in een veranderend klimaat

## MINUTIEUZE OPVOLGING VAN OZON, BROEIKASGASSEN EN AEROSOLEN OP LANGE TERMIJN

Figuur 1: Het klimaat op aarde ondergaat al sinds jaar en dag natuurlijke variaties. Deze natuurlijke variabiliteit onderscheiden van veranderingen door de mens geïntroduceerd, is belangrijk om de uitdagingen van vandaag aan te gaan. Gegevens van satellieten die de aarde bestuderen zijn cruciaal voor het opvolgen van de belangrijkste parameters in de klimaatverandering: de essentiële klimaatvariabelen. ©ESA



Klimaatverandering is één van de grootste uitdagingen waar onze generatie en die van onze kinderen en kleinkinderen tegenaan kijkt in de 21ste eeuw. Observaties vanop de grond en vanuit de ruimte van onze atmosfeer, de oceanen en het aardse vasteland leveren unieke informatie die van groot belang is voor het begrijpen en het aanpakken van klimaatverandering.

### ESA's Climate Change Initiative

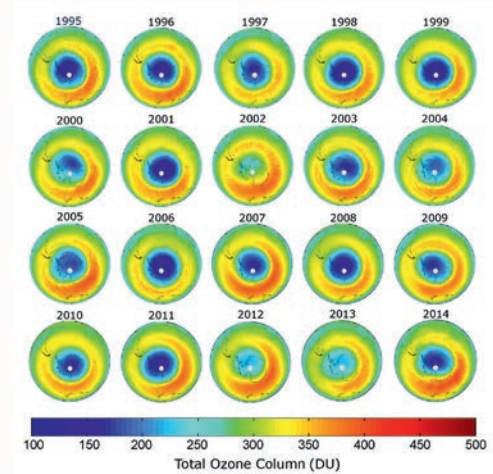
Als antwoord op de nood aan betrouwbare en precieze klimaatgegevens werd in 2009 door het Europees Ruimtevaartagentschap (ESA) het Climate Change Initiative (CCI) opgestart. Met dit ambitieuze programma streeft ESA ernaar om voor 14 essentiële klimaatvariabelen (ECV) stabiele multisensor-tijdsreeksen van satellietwaarnemingen over een lange termijn te genereren inclusief informatie over hun fouten en onzekerheden. Dergelijke datasets vormen een krachtig hulpmiddel om de toestand van het klimaatsysteem op te volgen, de drijvende mechanismen achter zijn evolutie beter te begrijpen en de gevolgen van een veranderend klimaat door middel van complexe modellen te voorspellen.

Het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA) is actief betrokken bij de studie van drie van deze essentiële klimaatvariabelen: ozon (Ozone\_CCI), broeikasgassen (GHG\_CCI) en aerosolen (Aerosol\_CCI). Het instituut produceert datasets die toelaten de wisselwerking tussen de veranderende concentraties van deze elementen en de stralingsbalans van de atmosfeer te bestuderen, processen die aan de basis liggen van klimaatverandering.

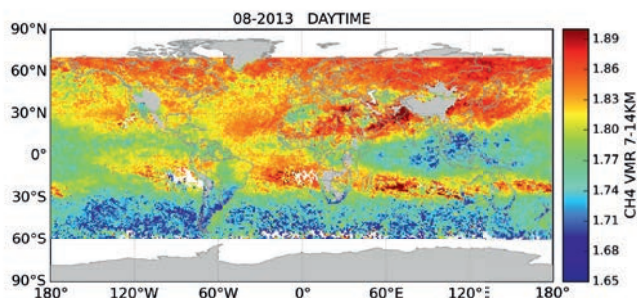
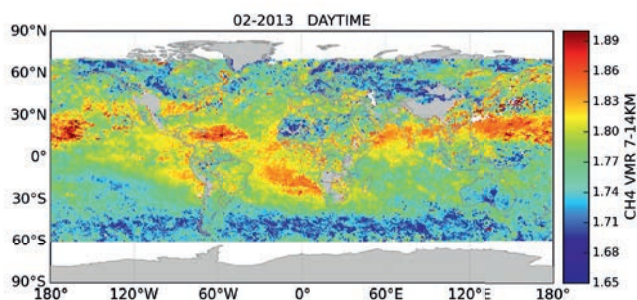
### Langetermijnobservaties van ozon

De studie van de interacties tussen de ozonlaag en het klimaat vereist observaties die zich minimum over enkele decennia uitspreiden. Gezien de beperkte levensduur van een satellietmissie is het cruciaal om de observaties die door verschillende instrumenten aangeleverd worden zo optimaal mogelijk op elkaar af te stemmen, om op die manier zeer lange tijdreeksen te bekomen die nuttig zijn voor klimatologisch onderzoek.

Het BIRA levert een substantiële bijdrage tot deze inspanning, zowel door haar betrokkenheid in internationale netwerken van grondmetingen als door de coördinatie van het Ozone\_CCI project en haar prominente deelname hierin. Eén van de grootste behaalde successen was de productie van multisensor-gegevens, gebaseerd op waarnemingen van de instrumenten GOME, SCIAMACHY, GOME-2 en OMI, voor totale ozonkolommen, die de hoeveelheid ozon boven een bepaalde plaats op aarde weergeven. De validatie van deze dataset, die een periode van bijna 20 jaar beslaat, heeft bevestigd dat de kwaliteit ervan inderdaad uitstekend voldoet voor de studie van de klimaatverandering.



Figuur 2: Evolutie van de totale ozonkolom boven Antarctica over de laatste 20 jaar, afgeleid uit de ozontijdreeksen opgemeten door de Europese instrumenten GOME, SCIAMACHY, GOME-2 en OMI. Op basis van huidige projecties, die rekening houden met de wisselwerking tussen ozon en klimaatverandering, verwacht men niet dat het ozongat zal herstellen vóór 2050.



Figuur 4: Op 10 mei 2003 barstte de vulkaan Anatahan uit, een eerder bescheiden vulkaan van de Marianen. Hoewel, op globaal niveau, het effect van deze uitbarsting erg beperkt is, vermoeden sommige wetenschappers dat de accumulatie van dergelijke uitbarstingen in de tropische regio aanleiding gegeven heeft tot de graduele stijging van de hoeveelheid aerosolen in de stratosfeer sinds 2000. Anderen leggen de oorzaak voor de stijging voornamelijk bij de mens (koolexploïtatie, huiselijke en stedelijke vervuiling). De GOMOS-tijdreeksen zou hier verduidelijkend moeten in brengen. © USGS

Figuur 3: De gemiddelde maandwaarden voor methaan in het gebied tussen 7 en 14 km voor februari 2013 en augustus 2013 illustreren duidelijk de toename van methaan in de atmosfeer tijdens de boreale zomerperiode.

### Precisiemetingen van broeikasgassen

De twee bekendste chemische componenten die in de klimaatproblematiek een rol spelen, zijn koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) en methaan ( $\text{CH}_4$ ). Om waardevolle informatie te leveren voor de bepaling van methaanfluxen op basis van atmosfermodellen waar de waargenomen concentraties in opgenomen zijn, moeten de concentraties met grote precisie (beter dan 2%) gemeten worden. Satellieten hebben het daar nog moeilijk mee, maar er wordt hard gewerkt aan de verbetering van de satellietgegevens.

In het kader van GHG\_CCI is het BIRA verantwoordelijk voor de validatie van de satellietgegevens voor  $\text{CO}_2$  en  $\text{CH}_4$  aan de hand van goed gekarakteriseerde waarnemingen vanaf de grond, onder meer binnen het TCCON-netwerk (Total Carbon Column Observing Network). Sinds 2011 onderhoudt en exploiteert het BIRA een waarnemingsstation op Ile de La Réunion en in 2016 zal het, met de steun van BELSPO, een nieuw station opstellen in Porto Velho in het Amazonewoud, waar momenteel nog onzekerheid bestaat over de betrouwbaarheid van de satellietgegevens. Het BIRA werkt ook aan de generatie van nieuwe datasets met satellietgegevens voor  $\text{CH}_4$ , met een verhoogde gevoeligheid voor de concentraties aan het aardoppervlak, waar methaan geproduceerd wordt, en met meer details over de verticale verdeling ervan in de troposfeer.

### De rol van aerosolen

Woestijnzand-aerosolen (stof, zand), door windschering de atmosfeer ingeblazen, zijn voornamelijk van natuurlijke oorsprong, maar worden evengoed beïnvloed door menselijke activiteiten via woestijnvorming, ontbossing en bodemgebruik. Ze beïnvloeden het klimaat op verschillende manieren, soms met tegenovergestelde effecten, die het erg moeilijk maken om hun uiteindelijke effect op de oppervlaktetemperatuur van de aarde te bepalen. Verschillende parameters spelen hierin een rol waarvan de verticale verdeling van de aerosolen één van de belangrijkste is. Vandaar dat het BIRA zijn onderzoek vooral hierop focust. Aan de hand van nadirmetingen door

de IASI-satelliet in het infrarood is men er voor het eerst in geslaagd uit kolomgegevens informatie over twee onafhankelijke aerosollagen te distilleren.

Niet alleen in de troposfeer spelen aerosolen een rol. Via de globale atmosferische circulatie kunnen ze ook de stratosfeer bereiken, vooral bij zeer krachtige vulkaanuitbarstingen. Door hun invloed op de straling, de fysico-chemie en de dynamica van de atmosfeer, zijn ze in zo'n periode bepalende actoren van het klimaat. Huidige klimaatmodellen maken hoofdzakelijk gebruik van klimatologieën van stratosferische aerosolen, op basis van historische satellietexperimenten. Aan de hand van sterocculatiemetingen door het GOMOS-instrument aan boord van Envisat hebben de wetenschappers van het BIRA tijdreeksen van stratosferische aerosolgegevens weten te creëren. Deze worden o.m. gebruikt voor een inventaris van de aerosolbronnen, met als doel de respectievelijke invloed van vulkanen en van menselijke bronnen in de graduele stijging van de hoeveelheid aerosolen in de stratosfeer sinds 2000 te identificeren.

### Investering in de toekomst

Het BIRA zal zich ook in de toekomst blijven engageren in het klimaatonderzoek, niet alleen binnen Europese, maar ook binnen Belgische programma's. Zo wordt momenteel volop gewerkt aan de voorbereiding van de ALTIUS-missie, de eerste Belgische missie voor het observeren van de stratosfeer via een microsatteliet. Het zal o.m. voor een groot aantal gassen, die in verband staan met klimaatverandering, onderzoeken in welke hoeveelheden zij voorkomen in de bovenste laag van de atmosfeer: ozon, waterdamp, stikstofdioxide, broomoxide, methaan en aerosolen.

### De auteur

Karolien Lefever, Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA), Dienst Communicatie