

AGACC I - Resultaten

Gevorderde exploitatie van Grondwaarnemingen voor toepassing in Atmosferische Chemie-en Klimaatstudies

DUUR VAN HET PROJECT
15/12/2005 – 31/12/2010

BUDGET
588.317€

SLEUTELWORDEN

Atmospheric composition change; trends; monitoring; remote-sensing; ground-based spectrometry; radio soundings; greenhouse gases; tropospheric chemistry; climate change

CONTEXT

We leven in een tijdperk waarin menselijke activiteiten belangrijke veranderingen veroorzaken in het milieu, meer bepaald de atmosfeer, die gevolgen hebben op de ecosystemen op mondiale en lokale schaal. Veranderingen in de atmosferische samenstelling hebben een impact op ons klimaat via chemische en dynamische feedback mechanismen; in vele gevallen beïnvloeden ze ook de luchtkwaliteit en de gezondheid van de biosfeer. Het waarnemen en begrijpen van zulke veranderingen en hun gevolgen is fundamenteel om gepaste acties uit te stippelen om de wijzigingen aan het milieu te beperken en ons eraan aan te passen. Bovendien, na toepassing van zulke regulerende maatregelen, zoals bvb. het Montreal Protocol, is het noodzakelijk om na te gaan of deze maatregelen doeltreffend zijn. Dit kan enkel indien we beschikken over gepaste detectiemethodes en over betrouwbare en lange termijn metingen van de voornaamste geofysische parameters.

Daarom draagt het AGACC project bij aan de levering van nieuwe basiskennis betreffende de atmosferische samenstelling en haar veranderingen, gebaseerd op geavanceerde grondwaarnemingen, in combinatie met satelliet- en numerieke modelgegevens. Deze resultaten worden geïntegreerd in lopende internationale onderzoeksprogramma's.

DOELSTELLINGEN

De algemene doelstelling van AGACC is om de capaciteiten van metingen vanaf de grond te verbeteren en uit te breiden voor een aantal belangrijke bestanddelen die een rol spelen in het klimaat, en om op basis daarvan vroegere en huidige waarnemingen te heranalyseren om nieuwe informatie af te leiden over de atmosferische samenstelling, haar variabiliteit en haar veranderingen op lange termijn. Ondanks een steeds groeiende en beter presterende vloot van aardobservatiesatellieten, zijn waarnemingen vanaf de grond nog steeds onmisbaar, (1) om lange termijn continuïteit, homogeniteit en hoge kwaliteit van de gegevens te garanderen, en (2), om de satellietgegevens te ondersteunen voor ijking en lange termijn validatie.

CONCLUSIES

Een eerste gas binnen de AGACC objectieven is atmosferische waterdamp. Het is het voornaamste minderheidsgas dat het weer en het klimaat controleert. Het is ook het belangrijkste broeikasgas in de Aardatmosfeer. De hoeveelheid waterdamp en zijn verticale verdeling zijn aan het veranderen, maar hoe en waarom? Vooral in de hogere troposfeer/lagere stratosfeer zijn de stralingseffecten door veranderingen in waterdamp beduidend, en moeten ze dus gekwantificeerd worden. De meting van waterdamp is sinds verschillende jaren een heet hangijzer. Het is een uitdaging omdat de concentratie van waterdamp een grote gradiënt vertoont gaande van de grond tot in de stratosfeer, en sterk variabel is in tijd en ruimte. Zo hebben we bijvoorbeeld ontdekt dat de tijdschaal van variaties van de totale hoeveelheid waterdamp boven Jungfraujoch in de grootteorde van minuten ligt. Daarom hebben we in AGACC meerdere experimentele technieken onderzocht om de concentratie van waterdamp in de atmosfeer te meten, waarbij we vooral gekeken hebben naar de totale kolom alsook de verticale distributie in de troposfeer tot in de lagere stratosfeer.

De afleiding van verticale profielen en totale kolommen van waterdamp uit FTIR metingen vanaf de grond is aangevat, in drie erg verschillende stations waar correlatieve gegevens beschikbaar zijn voor verificatie, namelijk Ukkel (\pm zeeniveau, middelbare breedtegraad), Ile de la Réunion (\pm zeeniveau, tropisch) en Jungfraujoch (grote hoogte, middelbare breedtegraad). De resultaten zijn veelbelovend. In het bijzonder werd aangetoond dat de nauwkeurigheid van de FTIR metingen van geïntegreerde hoeveelheden waterdamp (IWV) boven Jungfraujoch van de orde van 2% is. De mogelijkheid om individuele isotopen van waterdamp te bepalen en om hun variaties gedurende de dag en van dag tot dag waar te nemen werd eveneens aangetoond. Dit opent nieuwe mogelijkheden om in de toekomst de rol van waterdamp te bestuderen in de stralingsbalans, de globale circulatie, de neerslag enz. Voor wat betreft waterdamp en zijn isotopen zijn we eveneens gestart met een gecombineerd gebruik van FTIR gegevens vanaf de grond en satellietdata afkomstig van het instrument IASI, om zo goed mogelijk het potentieel van de bestaande instrumenten te benutten.



AGACC I - Resultaten

Gevorderde exploitatie van Grondwaarnemingen voor toepassing in Atmosferische Chemie-en Klimaatstudies

We slaagden er ook in om een correctiemethode voor de radiosonderingen in Ukkel te implementeren, met als resultaat een homogene en betrouwbare tijdsserie van 1990 tot 2008, waaruit trends in de vochtigheid in de hogere troposfeer (UTH) en in de karakteristieken van de tropopauze werden afgeleid. Tot september 2001 wordt een verhoging in UTH vastgesteld, gevolgd door een verlaging, en deze gaan samen met een daling en verwarming van de tropopauze tot het keerpunt en een verhoging en koeling erna. De veranderingen na september 2001 in de hogere troposfeer kunnen uitgelegd worden door opwarming van het oppervlak en opstijgende luchtmassa's door convectie. Boven het station van Jungfraujoch werden geen beduidende trends waargenomen in de totale hoeveelheid waterdamp in de periode 1988 – 2010, ondanks waarnemingen van significante positieve zomer- en negatieve wintertrends.

We hebben een kwantitatieve statistische vergelijking gemaakt tussen grondgebaseerde FTIR, CIMEL, GPS en geïntegreerde (verbeterde) radiosonde metingen van de hoeveelheid waterdamp (IWV) boven Ukkel. Dit werk is belangrijk om beter de verschillende sensoren te karakteriseren, om zo waarnemingen uitgevoerd door verschillende instrumenten in combinatie te kunnen gebruiken.

Een tweede beoogde constituent is atmosferisch aërosol. Er is een heel grote variatie in aërosolen van zowel natuurlijke als antropogene oorsprong. Eén van de redenen waarom ze zo belangrijk zijn is het feit dat ze de optische eigenschappen van de atmosfeer beïnvloeden. In het bijzonder werd in eerdere studies aangetoond dat de aërosolen een grote impact hebben op de hoeveelheid schadelijke UV-B straling die het aardoppervlak bereikt. Het laatste IPCC rapport heeft ook beklemtoond dat de veranderingen in de stralingsbalans veroorzaakt door atmosferische aërosolen één van de grootste onzekerheden is in de bepaling van de totale wijziging van de stralingsbalans in de atmosfeer. Beter waarnemingscapaciteiten voor eigenschappen van aërosolen kunnen ons een beter begrip geven en betere voorspellingsmogelijkheden van atmosferische processen en hun evolutie, en in het bijzonder van veranderingen in UV-B en het klimaat.

In het AGACC consortium zijn nu verschillende teledetectietechnieken voorhanden om operationele waarnemingen van aërosol eigenschappen uit te voeren vanaf de grond. Dit zijn de Brewer spectrometer en CIMEL waarnemingen te Ukkel - deze laatste dragen bij tot het AERONET netwerk sinds juli 2006 - en de recent ontwikkelde MAXDOAS waarnemingen. In tegenstelling tot CIMEL en Brewer metingen, die de totale aërosol optische dichtheid verschaffen, werd aangetoond dat de MAXDOAS metingen ook extra informatie leveren met betrekking tot de verticale distributie van de aërosol extinctie in de onderste kilometers van de troposfeer. Dankzij onze deelname aan de internationale CINDI campagne (Cabauw Intercomparison Campaign of Nitrogen Dioxide measuring Instruments) tijdens de zomer van 2009 werd een beter inzicht verworven in de ultieme mogelijkheden om aërosolen te detecteren aan de hand van de MAXDOAS teledetectie techniek. De combinatie van Brewer, CIMEL en MAXDOAS metingen resulteert in een teledetectie dataset die een meer uitgebreide karakterisering van de optische eigenschappen van troposferische aërosolen mogelijk maakt. Het nut van deze waarnemingen van aërosolen werd al eerder aangetoond in de verbetering van de voorspellingen van de UV-index voor het grote publiek. Een andere toepassing is hun gebruik in de bepaling van verticale profielen van troposferische pollutanten uit MAXDOAS metingen, zoals troposferisch NO₂ en formaldehyde.

Ten derde hebben we onze aandacht gericht op enkele sporengassen die een rol spelen in het klimaat. Veranderingen in broeikasgassen en aërosolconcentraties hebben een directe invloed op de stralingsbalans van de atmosfeer, en daardoor op het klimaat. Maar vele moleculen gekend als vervuilers zoals koolstofmonoxide (CO), stikstofoxides (NOx) en koolwaterstoffen, - dikwijls afkomstig van verbranding van fossiele brandstoffen of van biomassa -, beïnvloeden ook het klimaat omwille van hun rol in chemische reacties die troposferisch ozon produceren, dat een goed gekend broeikasgas is, of omdat ze de levensduur van gassen zoals methaan veranderen, of wegens hun invloed op de oxidatiecapaciteit van de atmosfeer.

Daarom hebben we in AGACC de nadruk gelegd op de meting van een aantal sporengassen waarvan de concentraties veranderen, en die rechtstreeks het klimaat beïnvloeden, en die ofwel moeilijk waar te nemen zijn, ofwel nog niet gemeten werden vanaf de grond. We hebben daarbij pogingen gedaan om enkele isotopen apart waar te nemen, omdat de isotoopverhoudingen waargenomen in een luchtmassa informatie geven over de geschiedenis ervan, en omdat de FTIR zonne-absorptiemetingen hiervoor een eerder unieke capaciteit hebben.



AGACC I - Resultaten

Gevorderde exploitatie van Grondwaarnemingen voor toepassing in Atmosferische Chemie-en Klimaatstudies

De onderzochte moleculen zijn de isotopen van CH₄ en CO, en waterstofcyanide (HCN), als voorbeelden van indicatoren voor verbranding van biomassa, enkele koolwaterstoffen zoals formaldehyde (HCHO), ethyleen (C₂H₄) en acetyleen (C₂H₂), en HCFC-142b, een vervangingsproduct voor de CFKs en tegelijkertijd een broeikasgas.

In vele gevallen moesten inversiestrategieën aangepast worden van site tot site omwille van de verschillende atmosferische omstandigheden, vooral wanneer de plaatselijke vochtigheid en concentraties erg verschillend zijn, zoals het geval is tussen Jungfrauoch (droog, grote hoogte, middelbare breedtegraad) en Ile de la Réunion (vochtig, lage hoogte, lage breedtegraad). Toch zijn we erin geslaagd om aan te tonen dat het mogelijk is informatie te bekomen voor specifieke sporengassen, zelfs in moeilijke omstandigheden. Vele van onze resultaten werden vergeleken met correlatieve gegevens, om onze aanpak te valideren en om bijkomende informatie in te winnen. Tevens is het belangrijk te noteren dat de in AGACC ontwikkelde inversiestrategieën regelmatig voorgesteld werden aan de UV-Vis en Infrarood werkgroepen van het mondiale Network for the Detection of Atmospheric Composition Changes (NDACC). Dikwijls worden ze door anderen overgenomen of zelfs voorgesteld als standaard in de gemeenschap (bvb. voor waterstofcyanide (HCN)).

In het bijzonder:

We hebben de seizoensgebonden variaties van HCN kunnen bestuderen boven Jungfrauoch en Ile de la Réunion, en hebben de dominante impact van verbranding van biomassa kunnen aantonen.

Formaldehyde werd in detail bestudeerd te Ukkel, Jungfrauoch en Ile de la Réunion. De kleine concentratie van formaldehyde boven Jungfrauoch (ongeveer 10 keer kleiner dan boven Ukkel en Ile de la Réunion) maakt het een uitdaging om deze moleculen te detecteren; een speciale waarnemingsstrategie werd ontwikkeld, met succes, met als resultaat een tijdserie die de variaties van dag tot dag en met de seizoenen toont. Op Ile de la Réunion hebben vergelijkingen tussen FTIR, MAXDOAS, satelliet- en modelgegevens (1) de goede overeenkomst tussen de verschillende data sets aangetoond, maar ook (2) de variabiliteit van HCHO (dag-nacht, van dag tot dag, per seizoen). En (3), dankzij de complementariteit van de verschillende datasets, hebben ze ons in staat gesteld om meer te leren over het lange-afstandstransport van niet-methaan vluchtige organische verbindingen (NMVOCs, voorlopers van HCHO) alsook tekortkomingen in het model. Er werd bewezen dat snel, direct transport van NMVOCs uit Madagascar een significante impact heeft op de HCHO hoeveelheid en variabiliteit boven Ile de la Réunion, en dat dit onderschat wordt in het model.

Er is duidelijk vooruitgang geboekt in de detectie van ¹³CH₄ en CH₃D uit FTIR waarnemingen vanaf de grond, zowel op Jungfrauoch als op Ile de la Réunion. Naar ons weten is het de eerste keer dat een ^δ¹³C data set afgeleid wordt uit FTIR waarnemingen vanaf de grond. Meer werk is nodig om de CH₃D inversie op Ile de la Réunion te verbeteren, en om de resultaten te interpreteren, in combinatie met modellen.

Ook voor de eerste keer werden ¹²CO en ¹³CO afzonderlijk afgeleid op Jungfrauoch. De ^δ¹³C tijdserie toont een duidelijke variatie met de seizoenen en van jaar tot jaar.

Wat het koolwaterstof ethyleen betreft, werd aangetoond dat het boven Jungfrauoch enkel gedetecteerd kan worden bij lage zonnestand, omwille van de kleine hoeveelheid die aanwezig is in de atmosfeer.

Betreffende acetyleen, tonen de tijdseries op Jungfrauoch en Ile de la Réunion een duidelijke seizoensgebonden variatie en punctuele verhogingen in de concentratie die een gevolg zijn van evenementen van verbranding van biomassa, en die gecorreleerd zijn met verhogingen in de concentraties van CO, C₂H₆ en HCN.

Het is nog niet duidelijk of we op betrouwbare wijze de concentratie van HCFC-142b kunnen afleiden, een vervangingsproduct waarvan de concentratie sterk stijgt in de troposfeer. Nieuwe lijnparameters voor de interfererende HFK-134a molecuul zijn noodzakelijk om de voorlopige resultaten te bevestigen of te ontkrachten. Dit toont weer het belang aan van laboratoriumwerk om ons zulke parameters aan te leveren.

Verbeterde lijnparameters werden gegenereerd voor waterdamp en zijn isotopen, voor ethyleen en voor mierenzuur. Deze AGACC resultaten werden in internationale spectroscopische gegevensbanken geïntegreerd. We hebben ook kunnen aantonen dat lijnintensiteiten beschikbaar rond 2096 cm⁻¹ voor de ¹³C¹⁶O isotoop van koolstofmonoxide in de HITRAN database een nauwkeurigheid van 2% vertonen. We zijn er niet in geslaagd om de lijnintensiteiten van acetyleen in de 13.6 μm regio te verbeteren.

De nieuwe datasets die in AGACC afgeleid werden uit FTIR en MAXDOAS metingen werden gearchiveerd in het NDACC datacentrum, waar ze beschikbaar zijn voor gebruikers (over het algemeen modelmakers en satellietteams). Bovendien worden ze lokaal opgeslagen en zijn ze op aanvraag beschikbaar voor gebruikers.



AGACC I - Resultaten

Gevorderde exploitatie van Grondwaarnemingen voor toepassing in
Atmosferische Chemie-en Klimaatstudies

De resultaten van AGACC werden gerapporteerd aan de internationale wetenschappelijke gemeenschap, via de literatuur, via integratie in geofysische of spectroscopische databanken, en via deelname aan internationale wetenschappelijke initiatieven zoals de Cost Action "Atmospheric Water Vapour in the Climate System" (WAVACS), de werkgroep voor atmosferische waterdamp in het 'International Space Science Institute' (ISSI), het project International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), de internationale CINDI campagne (Cabauw Intercomparison Campaign of Nitrogen Dioxide measuring Instruments), enz.

Onze resultaten hebben al belangrijke wetenschappelijke toepassingen gevonden. Enkele voorbeelden zijn het vermelden waard: de re-evaluatie van methaanemissies in de tropen aan de hand van SCIAMACHY gegevens gebaseerd op de nieuwe H₂O spectroscopie, en de verbeterde afleidingen van mierenzuur (HCOOH) uit de satellietexperimenten ACE-FTS en IASI, alsook uit grondmetingen.

BIJDRAGE AAN EEN BELEID GERICHT OP DUURZAME ONTWIKKELING

Op lange termijn zullen de AGACC resultaten zonder twijfel ten goede komen aan het onderzoek in de atmosfeerwetenschappen - in het bijzonder in de opvolging van de veranderingen in de atmosferische samenstelling - dat de fundamentele basis vormt voor milieुरapporten ter ondersteuning van beleidsmakers.

CONTACT INFORMATIE

Website van het project:
<http://www.oma.be/AGACC/Home.html>

Coördinator

Martine De Mazière
Belgisch Instituut voor Ruimte-
Aeronomie (BIRA-IASB)
Ringlaan 3
B -1180 Brussel
Tel: +32 (2) 373 03 63
Fax: +32 (2) 374 84 23
martine.demaziere@aeronomie.be
www.aeronomie.be

Partners

Hugo De Backer
Belgische Meteorologische Instituut
(KMI-IRM)
Ringlaan 3
B-1180 Brussels
Tel: +32 (2) 373 05 94
Fax: +32 (2) 375 12 59
Hugo.DeBacker@kmi-irm.be
www.meteo.be

Emmanuel Mahieu
Université de Liège (ULg)
Institute of Astrophysics and
Geophysics
Groupe Infra-Rouge de Physique
Atmosphérique et Solaire (GIRPAS)
Allée du 6 Août 17
B-4000 Liège
Tel: +32 (4) 366 97 86
Fax: +32 (4) 366 97 47
emmanuel.mahieu@ulg.ac.be
www.girpas.astro.ulg.ac.be

Michel Carleer
Université Libre de Bruxelles (ULB)
Service de Chimie Quantique et de
Photophysique (SCQP)
Av. F. D. Roosevelt, 50 CP160/09
B-1050 Brussels
Tel: +32 (2) 650 24 25
Fax: +32 (2) 650 42 32
mcarleer@ulb.ac.be
www.ulb.ac.be/cpm

