

Vanuit de ruimte gezien is België zeer klein, maar als het aankomt op aardobservatie-onderzoek kunnen we ons zonder schroom meten met de grotere landen. De langetermijnstrategie van België om te investeren in dit onderzoek heeft dit mee mogelijk gemaakt. Het STEREO II-programma sluit een dertigjarige reeks Belgische aardobservatieprogramma's af. Het is duidelijk dat aardobservatie-onderzoek in België volwassen geworden is. De aardobservatiegemeenschap is er uitzonderlijk dynamisch. Binnen het programma waren liefst een honderdtal onderzoeksgroepen en

Deze brochure probeert de rijke variatie aan aardobservatie-onderzoek binnen het STEREO II-programma samen te vatten en biedt een aantrekkelijke staalkaart van de belangrijkste onderzoeksresultaten. Ik nodig u uit om samen met mij te ontdekken hoe Belgische wetenschappers de aarde in al haar facetten onderzoeken, en ik wens u veel leesplezier.



AARDOBSERVATIE BINNEN IEDERS BEREIK

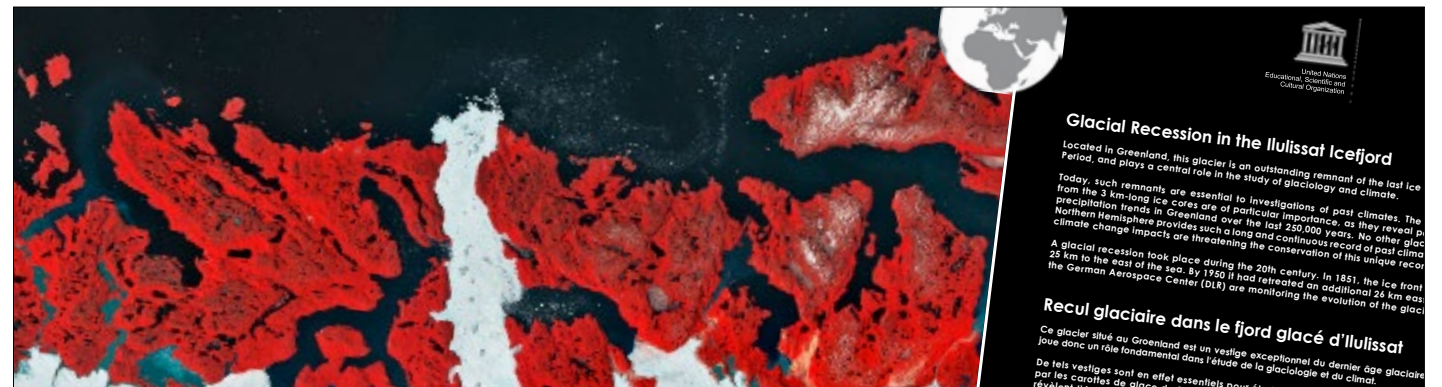
Sinds de lancering, meer dan 40 jaar geleden, van de eerste aardobservatiesatelliet is tele-detectie uitgegroeid tot een onvervangbare bron van informatie over onze planeet met haar continenten, oceanen en atmosfeer.

Satellietbeelden versterken het wetenschappelijk onderzoek en de technologische en industriële ontwikkelingen. Ze zijn een essentieel instrument om bijvoorbeeld de kwetsbaarheid van ecosystemen te evalueren of om te waarschuwen voor de versturende effecten, die vaak het gevolg zijn van klimaatverandering (aantasting van oceanen, woestijnvorming, ontbossing, smelten van ijskappen enz.). Ze vormen tevens het uitgangspunt voor de ontwikkeling van talloze toepassingen in steeds meer domeinen, in navolging van Google Earth, dat niet meer uit onze dagelijkse leefwereld weg te denken is.

De beelden die satellieten voor burgerlijk gebruik maken, hebben een nooit eerder geziene precisiegraad bereikt: hun resolutie bedraagt nu minder dan 50 centimeter.

Ook op het vlak van temporele dekking is er vooruitgang geboekt: door de almaar hogere opnamefrequentie kunnen ecosystemen en terrestrische rijkdommen vrijwel continu worden gemonitord op lokale, regionale of globale schaal. Dankzij de grote hoeveelheden gearchiveerde gegevens kunnen we ontwikkelingen in het verleden beter doorgronden en modellen verfijnen om toekomstige ontwikkelingen te voorspellen. Er is nu een grote verscheidenheid aan observatieplatformen (van satellieten tot drones) en instrumenten aan boord (optische en hyperspectrale sensoren, radarsensoren, LiDAR enz.). Dit is een waaier aan gegevens, die kunnen worden gecombineerd om adequate informatie te geven in verschillende domeinen.

Het grotere aanbod zorgt er tot slot voor dat de prijzen van satellietbeelden betaalbaar worden. Heel wat beelden zijn zelfs gratis beschikbaar om aardobservatie binnen het bereik van zoveel mogelijk mensen te brengen: wetenschappers, beleidsmakers, bedrijven, burgers enz.



KLEIN LAND, GROTE AMBITIES

Internationaal geniet België erkenning als kenniscentrum voor aardobservatie. Het Federaal Wetenschapsbeleid (Belspo) ondersteunt er een kennisketen die bestaat uit tal van schakels: van hoogstaand fundamenteel onderzoek en toptechnologie voor het verwerken en interpreteren van beelden tot en met de ontwikkeling van operationele toepassingen voor een almaar grotere groep eindgebruikers. Hierna een aantal belangrijke ijkpunten:

- België heeft al sinds 1984 een eigen nationaal onderzoeksprogramma voor aardobservatie. Dankzij de naadloze aaneenschakeling van de verschillende fases van het programma (van Telsat tot STEREO I, II en III) heeft het land de afgelopen dertig jaar een uniek competentienetwerk voor aardobservatie opgebouwd.

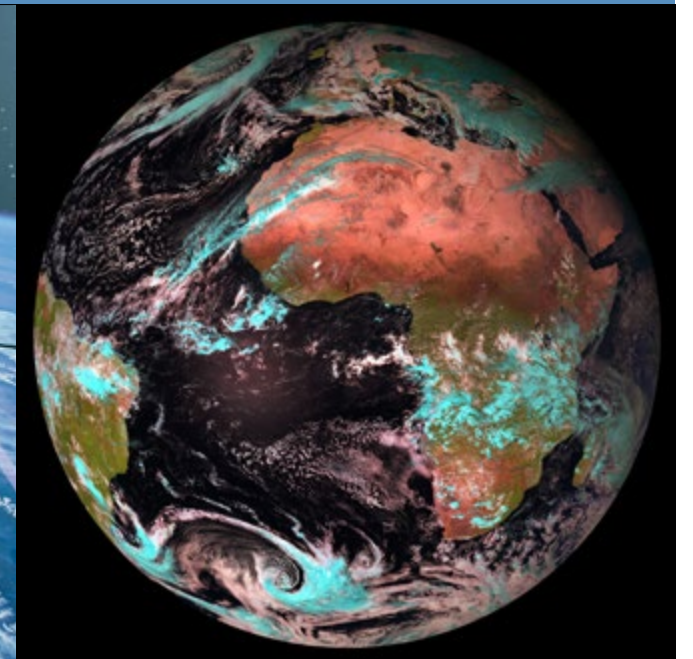
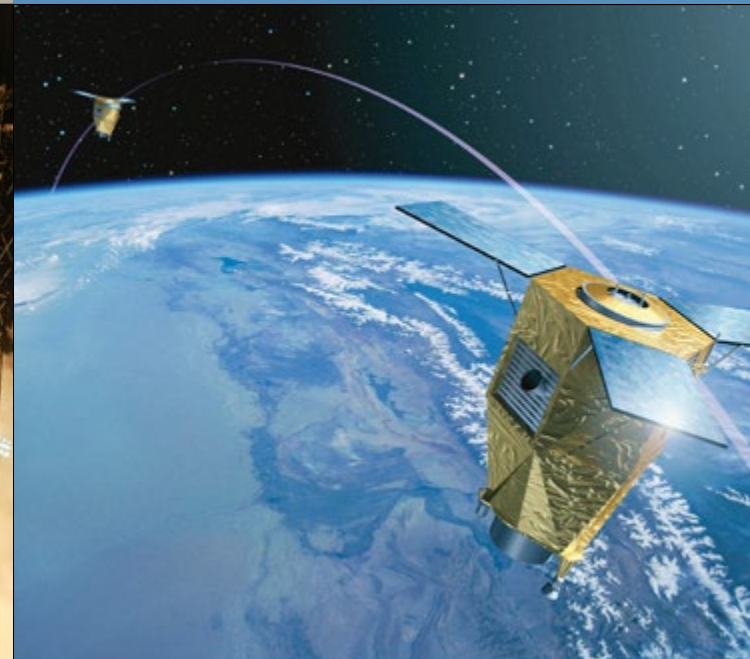
- Ons land is een prominent lid van ESA (de Europese Ruimtevaartorganisatie) en levert de op vier na grootste bijdrage. Het ondersteunt de activiteiten van de intergouvernementele organisaties ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) en EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) op het gebied van weer- en klimaatvoorspellingen en milieumonitoring. We zijn ook actief binnen het wetenschappelijk netwerk EARSeL (European Association of Remote Sensing Laboratories).

- We zijn de bezielers van grote ESA-projecten zoals het ontwerp van de flexibele en vernieuwende satellieten van de PROBA-familie. PROBA-V, de laatste telg die in 2013 werd gelanceerd, monitort de vegetatie op aarde.

- Het Federaal Wetenschapsbeleid werkt ook samen met de Unesco in het kader van projecten die satellietbeelden gebruiken om het toezicht op en het beheer van werelderfgoedsites te verbeteren.

- België heeft ook bilaterale samenwerkingsverbanden, onder meer met Frankrijk. Het werkt mee aan het Pléiades-programma, een satellietconstellatie van de volgende generatie die gegevens met een heel hoge resolutie aanlevert (zie pagina 33).

Al deze initiatieven passen binnen de prioriteiten van het Europese Copernicus-aardobservatieprogramma voor milieu en veiligheid.



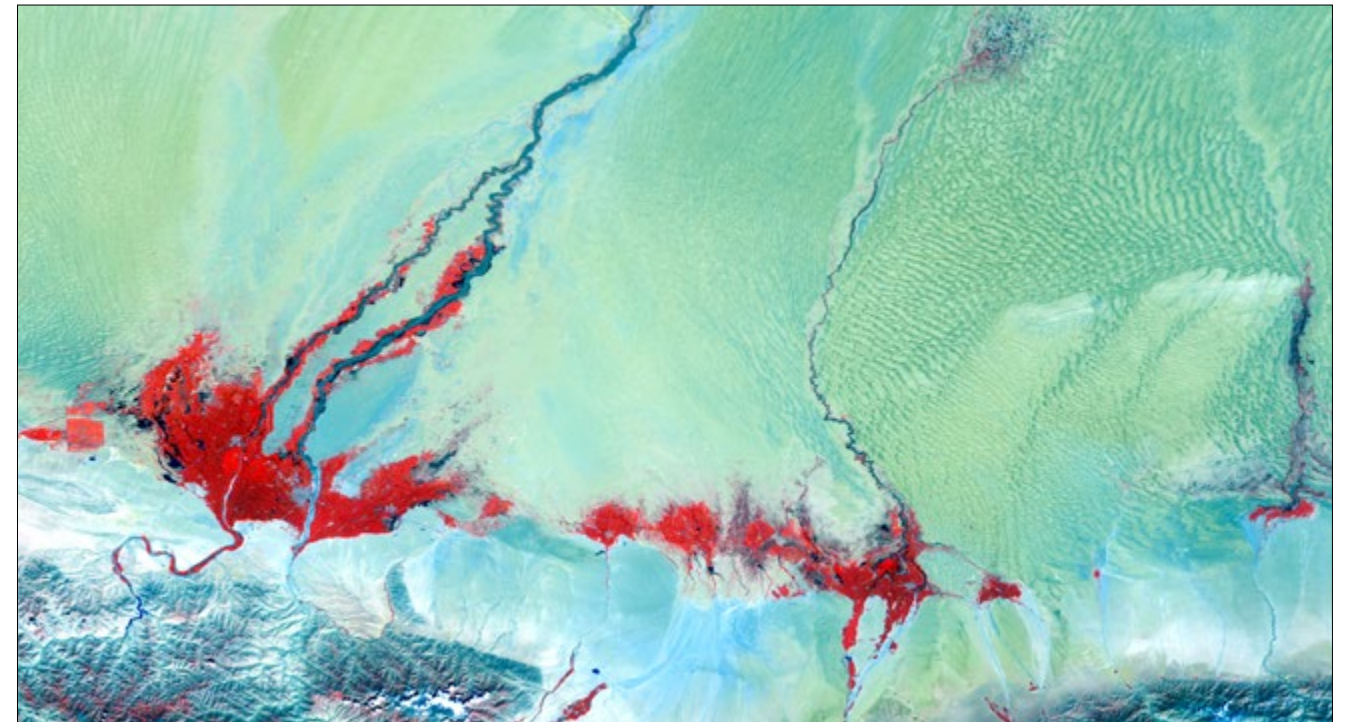


NIEUWE TRENDS IN AARDOBSERVATIE

- Door de vooruitgang op het gebied van miniaturisatie worden satellieten steeds lichter en kleiner. Deze micro- (10 tot 500 kg), nano- (1 tot 10 kg) en zelfs picosatellieten (minder dan 1 kg) zijn intussen heel courant omdat ze vlotter in serie te maken zijn en goedkoper in een omloopbaan kunnen worden gebracht.
- Waarnemingen vanuit vliegtuigen of op afstand bestuurde drones zitten in de lift omdat ze flexibeler zijn zowel voor wat betreft gebruikte sensoren als planning van de opnames.
- Steeds meer 'kleine' landen nemen een of meer eigen aardobservatiesatellieten in gebruik die precies zijn afgestemd op de zones en parameters die hun belangstelling wegdragen.

- Zowel op nationaal als op internationaal niveau worden steeds meer initiatieven genomen om de systematische toegang tot satellietbeelden te vereenvoudigen. Zo stelt het Copernicus-programma van de EU gratis gegevens ter beschikking van de Sentinel-satellieten, waarvan de eerste in 2014 werd gelanceerd door ESA. Dit beleid wil het gebruik van satellietgegevens stimuleren met het oog op de ontwikkeling van zoveel mogelijk operationele toepassingen.

STEREO III (2014-2021), de volgende fase van het programma, sluit perfect op deze nieuwe trends aan. Naast steun aan geavanceerd wetenschappelijk onderzoek, wil STEREO III de resultaten van dit onderzoek nog beter benutten door ze voor zoveel mogelijk doelgroepen toegankelijk te maken (administraties, privésector, academische wereld enz.).

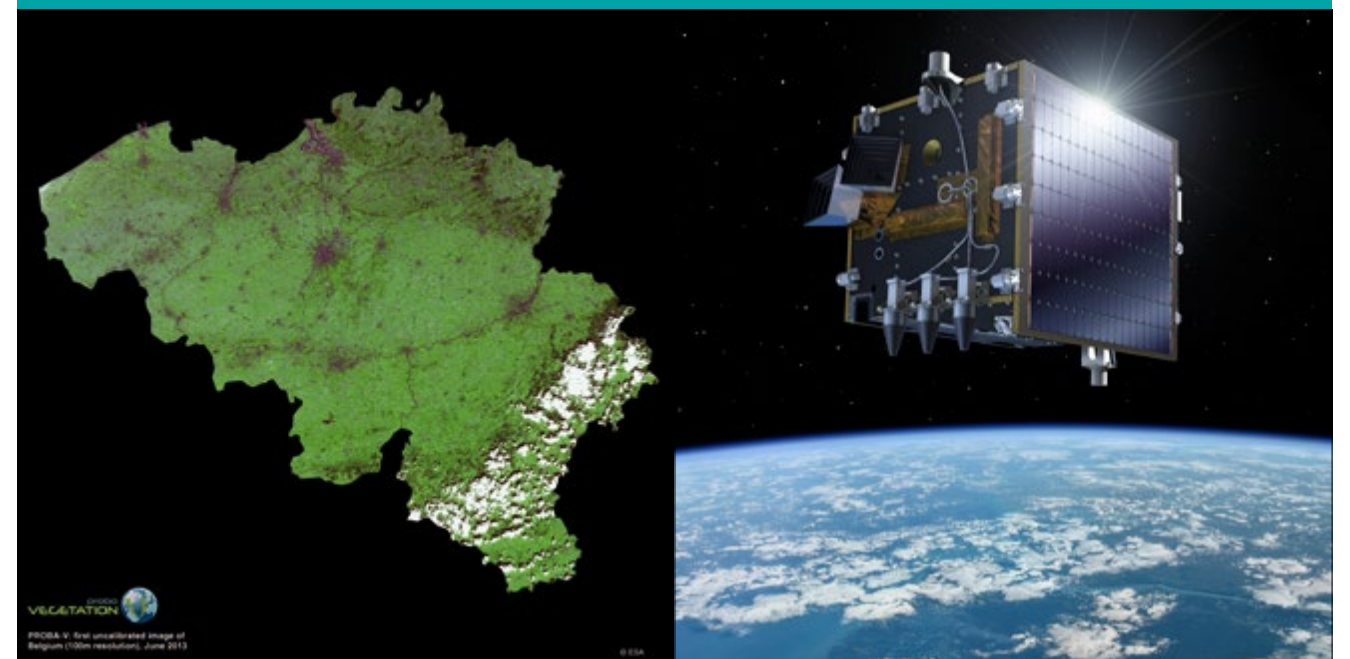


PROBA-V MONITORT DE VEGETATIE OP AARDE

De PROBA-V-satelliet, die ESA in 2013 lanceerde, is volledig in België ontworpen en ontwikkeld. Deze kleine satelliet (minder dan 1 m³ groot en amper 140 kg zwaar) heeft als belangrijkste taak om de vegetatie op aarde systematisch te observeren. Aan boord bevindt zich een verbeterde versie van de VEGETATION sensor, die reeds aanwezig was op de SPOT 4 en SPOT 5 satellieten. In lijn met zijn voorganger levert de nieuwe sensor elke dag beelden af met een resolutie van 1 kilometer, maar de sensor bezorgt ook nauwkeuriger opnames met een resolutie van 300 meter. Sinds maart 2015 verspreidt PROBA-V om de 5 dagen zelfs een volledige dekking van de aarde met een resolutie van 100 meter. De satelliet werkt met spectraalbanden die ideaal zijn om de verschillende types bodembedekking, de verschillende soorten gewassen en hun groeistadium en gezondheidstoestand te onderscheiden.

De VEGETATION-beelden, die al sinds 1998 beschikbaar zijn, dekken elke dag het volledige aardoppervlak. Ze hebben hun nut al bewezen in tal van toepassingen en voor allerlei operationele diensten zoals het monitoren van de landbouwproductie, het voorspellen van voedselschaarste, de monitoring van woestijnvorming en beschikbaar oppervlaktewater, het opsporen van bosbranden enz. De satelliet dankt haar ontwerp en ontwikkeling aan de Belgische deskundigheid op het gebied van kleine, flexibele satellieten. Het verwerken, aanmaken, verspreiden en archiveren van de gegevens wordt ook door Belgische teams verzekerd. België positioneert zich zo als een belangrijke speler voor het aanleveren en verspreiden van globale gegevens die tegemoet komen aan specifieke behoeften van duizenden gebruikers wereldwijd.

Meer informatie op proba-v.vgt.vito.be



STEREO II VERSTERKT DE POSITIE VAN BELGIË ALS KENNISCENTRUM VOOR AARDOBSERVATIE

Het grootschalige onderzoeksprogramma STEREO II (2006-2014) bevestigt en versterkt de positie die België de afgelopen 30 jaar als kenniscentrum voor aardobservatie heeft opgebouwd en verstevigt tegelijk die reputatie op internationaal vlak.

Het programma financiert hoofdzakelijk twee soorten projecten: fundamenteel en thematisch wetenschappelijk onderzoek en onderzoek waarbij onderzoeksteams de wetenschappelijke resultaten verwerken en omzetten in preoperationele toepassingen bestemd voor administraties, privéondernemingen of NGO's (Unesco, WWF, FAO enz.).

Door multidisciplinariteit en samenwerking met onderzoekscentra uit alle windstreken aan te moedigen biedt het programma onderzoekers de gelegenheid om mee te werken aan bilaterale, Europese en zelfs mondiale initiatieven. Die internationale verankering is trouwens vastgelegd in het programmaprotocol en geldt voor alle fases van het onderzoek.

STRENGE PROJECTSELECTIE

Tijdens de loop van het programma werden zes oproepen voor projectvoorstellen gelanceerd. Eerst werd getoetst of de voorstellen voldeden aan de criteria die in de oproep zijn vastgelegd. Daarna werd elk voorstel in twee fasen geëvalueerd (een schriftelijke en een mondelinge eva-

luatie) door buitenlandse deskundigen gespecialiseerd in het onderzoeksthema. Een stuurgroep van internationale deskundigen nam jaarlijks de geselecteerde projecten onder de loep. Zij beoordeelden het gedane werk en formuleerden aanbevelingen voor het vervolg van het project. STEREO II telde in totaal 60 projecten.

DOELSTELLINGEN GEREALISEERD

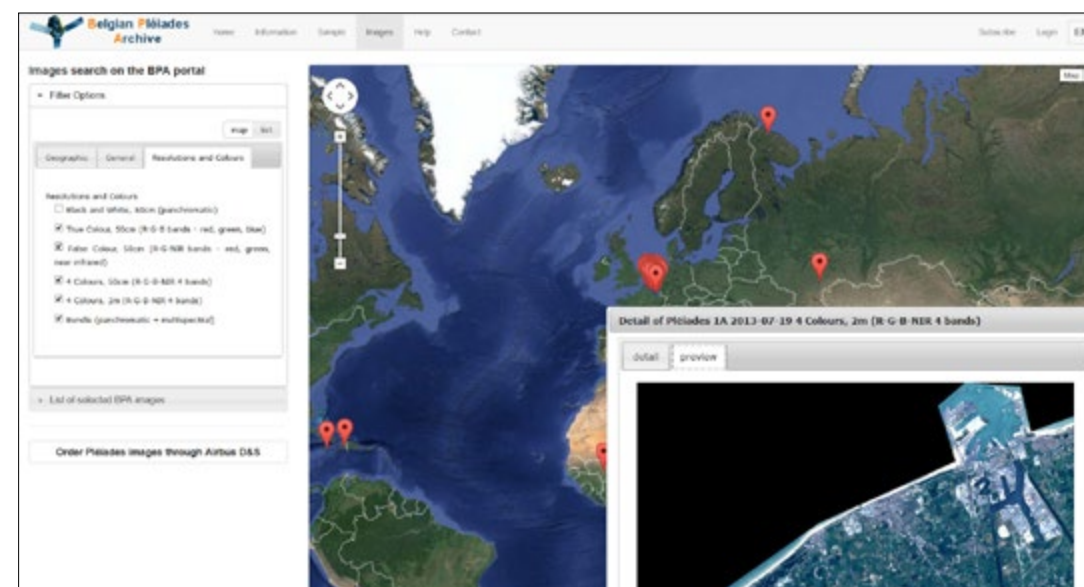
Ongeveer 300 onderzoekers (en onderzoeksters!) werkten binnen 87 teams (waarvan 36 uit het buitenland) mee aan de projecten. De belangrijkste doelstellingen van het programma werden gerealiseerd:

- verschillende Belgische teams zijn betrokken bij grote internationale programma's;
- door het maken van proefschriften en nieuw opgerichte onderzoekslaboratoria aan te moedigen, heeft STEREO II deuren geopend voor tal van jonge wetenschappers;
- het gebruik van aardobservatiegegevens geraakte in heel wat disciplines ingeburgerd (biologie, hydrologie, epidemiologie, oceanografie enz.) en opende de deur voor heel uiteenlopende toepassingen.

In het licht van de bereikte resultaten en van de uiterst positieve externe evaluatie van STEREO II werd een nieuwe programmafase (STEREO III 2014-2020) goedgekeurd.

MAXIMALE VERSPREIDING VAN DE RESULTATEN

Het optimaal benutten van de resultaten die uit de gefinancierde projecten voortvloeien, is een tweede belangrijke pijler van het STEREO II-programma. De Earth Observation Helpdesk (EODesk) maakt het opzet en de resultaten van het onderzoek kenbaar aan het grote publiek. Tegelijk fungeert de EODesk ook als schakel tussen de producenten van gegevens en de Belgische gebruikers door die laatste bij te staan bij het verwerven van satellietbeelden. Daarnaast koopt de EODesk de beelden aan die nodig zijn om door Belspo gefinancierde projecten uit te voeren.



VIER PRIORITAIRE ONDERZOEKSASSEN

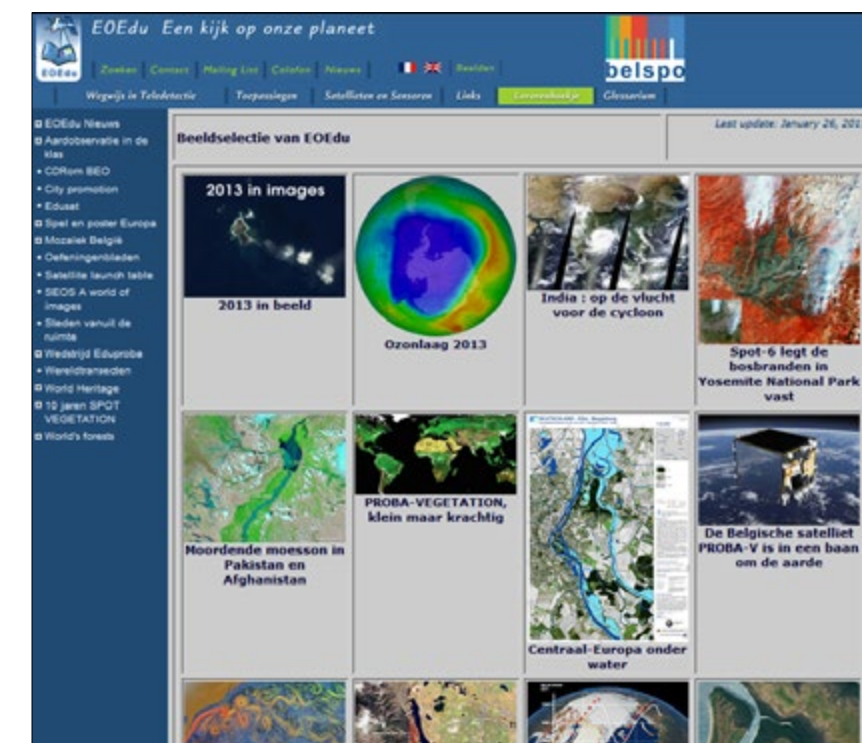
Het STEREO II-programma focust op vier belangrijke thema's:

- monitoring van de vegetatie en van de evolutie van terrestrische ecosystemen op aarde;
- beheer van het milieu op regionaal en lokaal niveau (water, bodem, bossen en biodiversiteit, landbouw, kustzones, steden en voorsteden, cartografie);
- gezondheid en humanitaire hulp;
- veiligheid en risicobeheersing.

Meer in het bijzonder biedt het *Belgian Pleiades Archive* (pleiades.belspo.be) toegang tot Pléiades-beelden met zeer hoge resolutie – onder meer een volledige dekking van België – aan Belgische institutionele gebruikers die deze beelden voor hun dienstverlening wensen te gebruiken. Zij kunnen gratis of tegen voorkeurtarief van deze beelden gebruik maken.

De website van het *Belgian Earth Observation Platform* eo.belspo.be is een uitwisselingsplatform voor specifieke informatie over aardobservatie bestemd voor de Belgische en internationale wetenschappelijke gemeenschap. De *EOedu*-website (eoedu.belspo.be) maakt didactische informatie over teledetectie toegankelijk voor het grote publiek. Ze geeft ook een overzicht van de projecten die in het kader van het programma zijn uitgevoerd en van educatieve initiatieven die zijn opgezet (commentaar bij beelden, e-learning, thema-affiches, tentoonstellingen enz.).

In het kader van het programma vindt ieder jaar een Belgian Earth Observation Day plaats. De STEREO-teams geven er een stand van zaken van hun onderzoek en hebben de gelegenheid om partners uit de ruimtevaartsector te ontmoeten.



STEREO II bestrijkt een brede waaier van terrestrische en mariene toepassingen. Hoewel de projecten van nature multidisciplinair zijn, hebben we ze gemakshalve per thema – in totaal een tiental – gebundeld. Op pagina 90 vindt u een overzicht van de projecten en een lijst met de coördinatoren en promotoren.

VALORISATIE VAN DE PROJECTEN EN PROMOTIE VAN TELEDETECTIE



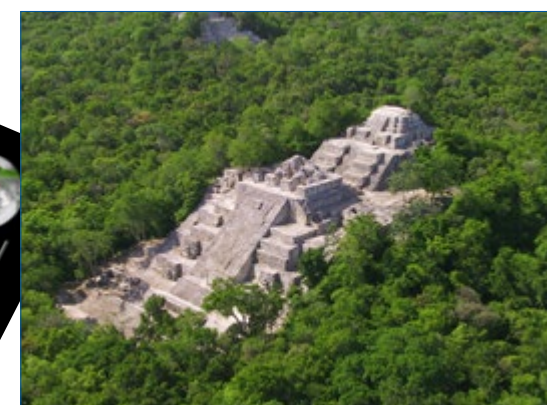
KLIMAATVERANDERING, WERELDERFgoed EN SATELLIETEN

Deze tentoonstelling toont hoe aardobservatie kan helpen om de gevolgen van klimaatverandering op Unesco-werelderfgoedsites te evalueren.
eoedu.belspo.be/unesco



IMAGING THE WORLD'S FORESTS

Deze reizende expositie illustreert het nut van satellietbeelden voor het behoud van bossen op aarde door de markantste ontwikkelingen in kaart te brengen: ontbossing en herbebossing, savanne- en bosbranden, bedreigde mangrovewouden enz.
eoedu.belspo.be/forests



CALAKMUL

De tropische regenwouden in de buurt van de immense Mayasite Calakmul (Mexico) zijn als natuurverfgoed erkend. Dit levert Calakmul de zeldzame titel van 'gemengd cultureel en natuurlijk wereldverfgoed' op. De site dankt deze erkenning aan een geavanceerd GIS-systeem (geografische-informatiesysteem) dat speciaal voor wereldverfgoedtoepassingen is ontwikkeld door een Belgisch consortium onder leiding van GIM, een onderneming uit Leuven.



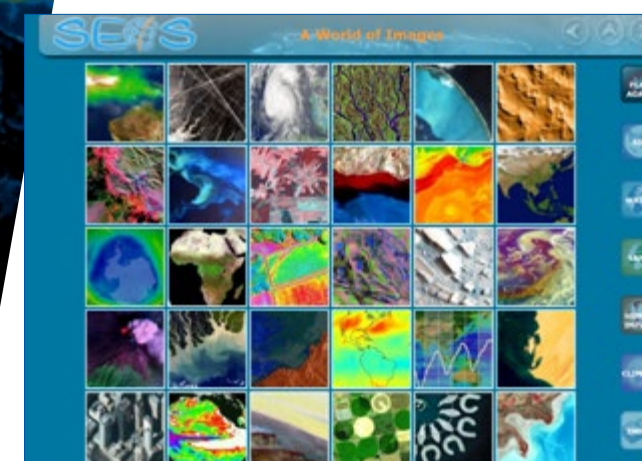
SIDSAT

Het SIDSAT-project vestigt de aandacht op kleine eilandstaten in ontwikkeling. Die krijgen vaak als eerste te maken met de gevolgen van klimaatverandering. Multitemporale satellietbeelden worden online toegankelijk gemaakt, en illustreren de veranderingen die hun leefomgeving ondergaat.
sidsat.ugent.be



10 YEARS OF IMAGING THE EARTH

Een reeks van zeven posters van de volledige aarde en van de continenten, in de vorm van mozaïeken die tien jaar aan dagopnamen door de VEGETATION-sensor combineren. Voor ieder continent wordt op een aparte website dieper ingegaan op vijf belangrijke thema's.
eoedu.belspo.be/vgt10



SEOS

SEOS (Science Education through Earth Observation for High Schools) is een Europees project gericht op het opnemen van teledetectie in het lessenspakket van de derde graad van het secundair onderwijs. 15 eLearning-modules werden ontwikkeld en zijn in verschillende talen beschikbaar op de website van het project. De module 'Een wereld aan beelden' werd ontwikkeld door de EODesk, en is een visuele uitnodiging om het hele project te ontdekken.
seos-project.eu/modules

BEELDEN TEGEN RAMPEN



Dit artikel is gebaseerd
op de onderzoeksprojecten

GORISK
Vi-X
HYDRASENS
FLOODMOIST
RIMS
SPRINT

Satellietbeelden zijn een nuttige bron van informatie zowel voor, tijdens als na een ramp (veroorzaakt door mens of natuur). Ze maken het mogelijk risicomodellen op te stellen en snel de nodige informatie te verzamelen om de crisis te beheersen, de schade in te schatten en de heropbouw te ondersteunen.

De verhoogde frequentie en vooral de gevolgen van natuurrampen zijn een groot probleem geworden. We stellen vast dat het aantal rampen als gevolg van meteorologische (stormen, cyclonen enz.), hydrologische (overstromingen, aardverschuivingen, lawines enz.) en klimaatfenomenen (hitte- en extreme koudegolven, droogte, bosbranden enz.) steeds vaker voorkomen: van zowat honderd in 1980 tot meer dan dubbel zoveel in 2013. Als je daar nog geofysische fenomenen zoals aardbevingen en vulkaanuitbarstingen bijtelt, worden elk jaar gemiddeld 210 miljoen mensen door natuurrampen getroffen. Dankzij betere waarschuwingssystemen en een efficiëntere hulpverlening maken deze rampen steeds minder dodelijke slachtoffers, zelfs op kwetsbare plaatsen waar de bevolking toeneemt, zoals kustgebieden.

De Nyiragongo vulkaan vormt een permanente bedreiging voor Goma dat op amper 15 km afstand ligt. De uitbarsting van 2002 vernielde 10% van de stad.



In deze almaar dichter bebouwde en bevolkte zones treffen de rampen niet alleen de bevolking maar ook hun bestaansmiddelen, hun infrastructuur alsook hun omgeving. De economische schade als gevolg van natuurrampen of door mensen teweeggebrachte rampen (olieramp, technologisch ongeluk enz.) neemt sterk toe: ramingen voor 2013 spreken van 130 miljard dollar.

Satellietbeelden zijn onvervangbaar om deze rampen te volgen. Door hun nauwkeurigheid, hun frequentie en hun grote gebiedsbedekking, zijn het doorslaggevende hulpmiddelen bij crisisbeheer. Vaak zijn ze zelfs de enige bron van

informatie die in de geteisterde zones beschikbaar is. Deze onweerlegbare voordelen hebben geleid tot de oprichting van het 'Internationale charter Ruimtevaart en grote rampen'. Vele ruimtevaartagentschappen en -organisaties over de hele wereld zijn in dit charter verenigd. Zij verbinden zich ertoe om bij voorrang de nodige informatie te bezorgen aan instanties die een ramp moeten aanpakken (zie kaderstuk op pagina 18).

Dat satellietbeelden onontbeerlijk zijn in nood-situaties, is duidelijk, maar ook voor en na een crisis zijn ze uiterst waardevol.



GPS-station in het dorp Kibumba, met links de Nyiragongo (een strato-vulkaan) en rechts achterin de Nyamulagira (een schildvulkaan).

Verschillende onderzoeksprojecten gingen na hoe elke stap in het beheersen van rampen door middel van teledetectie kan worden verbeterd:

- verlaging van het risico door de kwetsbare punten in kaart te brengen;
- betere voorspellingen door de modellen en de waarschuwingsprocedure bij te sturen;
- efficiëntere hulpverlening en wederopbouw dankzij nauwkeurige informatie die onmiddellijk beschikbaar is.

TWEE VULKANEN ONDER STRIKT TOEZICHT

In het oosten van de Democratische Republiek Congo ligt Goma, de hoofdstad van Noord-Kivu, op 1500 meter hoogte tussen de noordelijke oever van het Kivumeer en de Nyiragongo-vulkaan. De bevolking van deze stad, die gelegen is op de grens met Rwanda, is in minder dan vijf jaar tijd verdubbeld tot bijna één miljoen inwoners. Een groot deel daarvan verblijft in vluchtelingenkampen.

Hoog boven de stad torent de dreigende Nyiragongovulkaan met zijn permanente lava-meer. Sinds zijn laatste uitbarsting op 17 januari 2002 is de vulkaan heel actief gebleven. In 2002 werd een tiende van Goma in nauwelijks enkele uren onder lavastromen bedolven. De Nyiragongo-vulkaan staat bekend als de grootste zwaveldioxideproducent ter wereld: de gaspluim die onafgebroken uit de hoofdkrater opstijgt, geeft elke dag tot 50.000 ton SO₂ vrij. Dit zorgt voor vervuiling en heel wat gezondheidsproblemen in de streek.

Vijftien kilometer ten noordwesten van de Nyiragongo ligt de Nyamulagira. Deze vulkaan barst om de twee tot vier jaar uit, waarbij grote lavastromen terechtkomen in het Nationaal park van Virunga dat aan de voet van de Nyamulagira ligt. De lavastromen verwoesten honderden hectaren bossen, gewassen en soms hele dorpen. Deze bedreiging komt bovenop de politieke instabiliteit en de talloze humanitaire crisissen waarmee deze regio al decennialang kampt.

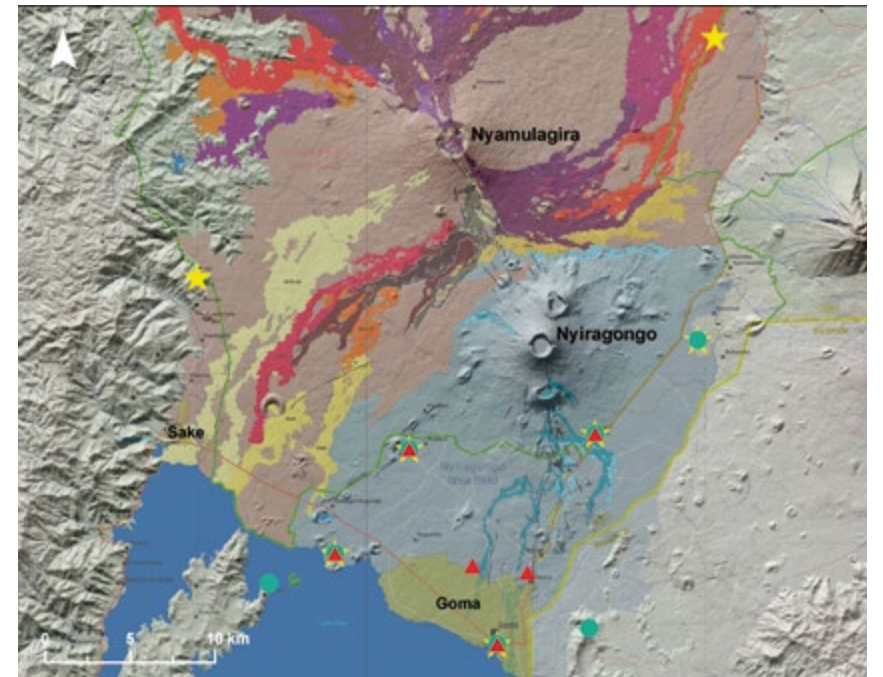
Het multidisciplinaire **GORISK**-project, een initiatief van het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika en het Luxemburgse Musée National d'Histoire Naturelle, wil nieuwe specifieke hulpmiddelen en diensten ontwikkelen om deze beide vulkanen te bestuderen en ze nauwlettend in de gaten te houden. Het onderzoek moet drie plaatselijke gebruikers (het Observatoire volcanologique van Goma, UNOPS -United Nations Office for Project Services- en CEMUBAC, een Belgische NGO die zich specialiseert in gezondheidszorg in de Democratische Republiek Congo) in staat stellen om beter toezicht op de Nyiragongo en de Nyamulagira te houden, om risico's in de buurt van Goma efficiënter aan te pakken en om de impact van de vulkanische activiteit op de gezondheid van de bevolking te evalueren. Om de bestaande observatiesystemen aan te vullen, focuste het project op de bijdrage die in situ en teledetectietechnieken kunnen leveren om vervormingen in de bodem op te sporen, om de uitstoot van gassen door de vulkanen te bestuderen en om risicokaarten te ontwikkelen.

GRONDSTATIONS EN RADARINTERFEROMETRIE

De hoeksteen van het project is de radarinterferometrie per satelliet (InSAR). Deze recente teledetectietechniek laat toe om met reeksen van beelden van 100 km op 100 km, bodemvervormingen van minder dan 1 cm waar te nemen die samenhangen met vulkanische activiteit. In combinatie met een vast grondnetwerk van GPS-stations en inclinometers effent InSAR het pad om de geodynamische processen te bestuderen die aan de basis liggen van erupties. Met een betere kijk op de vulkanische activiteit kunnen de risico's beter worden ingeschat en beheerst. Dankzij het project en de steun van de Europese Ruimtevaartorganisatie werden tussen 2005 en 2012 elke maand systematisch zes Envisat-ASAR-beelden opgenomen boven Virunga. Aan de hand van deze rijke beeldoogst zijn de onderzoekers erin geslaagd om meer dan 3.000 verschillende interferogrammen of grafische voorstellingen van hoogteverschillen te produceren en zo vervormingen in de bodem te bestuderen die te maken hadden met de vulkanische activiteit.

GEVAAR: ONTSNAPPEND GAS

De passieve gasproductie van de twee vulkanen werd ook bestudeerd. In Goma werd een gasmeetstation geïnstalleerd om koolstofdioxide- en radonfluxen te volgen en te linken aan de vulkanische activiteit. De teams focusten vooral op mazuku, holtes waarin het koolstofdioxide afkomstig uit het magma zich opstapelt tot dodelijke concentraties voor mens en dier. Het radongas wordt gevormd op geringe diepte en wordt door het CO₂ via barsten naar de oppervlakte gebracht. Deze geochemische analyses zorgen voor een beter inzicht in de activiteit van de twee vulkanen. De analyse van de gasfluxen en het mogelijk verband tussen hun schommelingen en de vulkanische activiteit helpt bij de ontwikkeling van waarschuwingssystemen.



Samen met het partnerproject VISOR (Verenigde Staten) wordt het satelliettoezicht op de zwaveldioxidierookpluim ook gebruikt om de impact van dit gas op de volksgezondheid en op de vervuiling van het oppervlaktewater te evalueren.

Het project heeft ook geleid tot een nieuwe vulkanologische kaart van de regio en van een actuele kaart van de stad Goma die uitermate nuttig zijn om contingentie- en evacuatieplannen voor crisissituaties uit te werken. In januari 2010, in de eindfase van het project, barstte de Nyamulagira uit. Gelukkig was deze uitbarsting zonder gevaar voor de bevolking in Goma. Ze bood wel de kans om het nut van de verschillende ontwikkelde tools te testen en te valideren.

Kaart met locatie van bewakingsapparatuur voor de Nyiragongo en Nyamulagira vulkanen met o.m. de GPS-stations en inclinometers van het GORISK-project. De lavastromen van uitbarstingen uit het verleden zijn weergegeven in verschillende kleuren.

Nachtelijk zicht op het lava-meer van de Nyiragongo, het grootste ter wereld (met een diameter van zo'n 200 m). De geregelde overstromingen van het meer leiden er toe dat het diepste kraterterras geleidelijk verhoogt (een honderdtal meter per jaar).





LAVA IN ALLE STATEN

Uit het project is het Gorisk Scientific Network ontstaan, een netwerk dat de ontwikkelde diensten wil bestendigen en dat vulkanische activiteit in het stroomgebied van de Kivu actief blijft bestuderen en in het oog houden. Binnen het Stereo II-programma verdiept het **VI-X**-project zich in de studie van de geodynamische processen in Virunga om vulkanische risico's beter te kunnen inschatten. Een van de doelstellingen is het inzetten van radarbeelden met een hoge resolutie van de nieuwste generatie, die afkomstig zijn van de satellietconstellatie TerraSAR-X en TanDEM-X. De eerste resultaten zijn veelbelovend: op basis van een tijdreeks TanDEM-X-beelden hebben de onderzoekers digitale oppervlaktemodellen met een heel hoge ruimtelijke resolutie voor en na de laatste uitbarsting van de Nyamulagira geproduceerd en kon voor het eerst een nauwkeurige raming van de uitgestoten hoeveelheid lava worden gemaakt.

De modellen brachten ook reliëfdetails aan het licht die voordien onopgemerkt bleven, maar die wel belangrijk zijn als je weet dat het traject van de uiterst vloeibare lava van de Nyiragongo door heel kleine topografische elementen kan worden omgeleid. Met dit nauwkeurigere model kunnen betrouwbaardere lavastroomsimulaties worden gemaakt en kan beter worden ingeschat waar de lava zal terechtkomen. Een techniek die het mogelijk maakt om hoogteverschillen in het lavameer te monitoren, lijkt ook veelbelovend en kan een belangrijk nieuw hulpmiddel worden om voorspellingen te maken. Onderzoekers stellen immers vast dat het lavameer door de opeenvolgende overstromingen van de plateaus in de kater, geleidelijk stijgt. Hierdoor vergroot de kans dat de kraterwand barst en de lava wegstroomt.

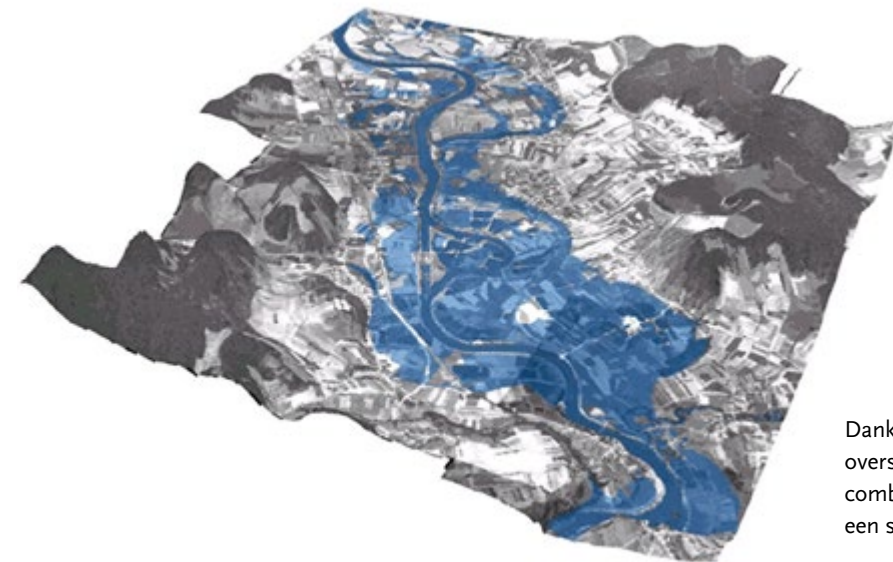
OVERSTROMINGSALARMS

Terwijl het aantal geofysische rampen (vulkaanuitbarstingen, aardbevingen enz.) vrij stabiel blijft, neemt het aantal extreme hydrometeorologische gebeurtenissen toe. Vandaag wordt ongeveer twee derde van de schade veroorzaakt door natuurrampen als gevolg van wateroverlast. Alleen al in 2013 werden wereldwijd ongeveer honderd catastrofale overstromingen geteld die meer dan 8.000 dodelijke slachtoffers eisten. Volgens het laatste evaluatierapport van de Intergouvernementele werkgroep inzake klimaatverandering (IPCC) is de opmars van deze fenomenen een afspiegeling van de opwarming van het klimaatsysteem.

Er zijn echter nog andere parameters die de schade en economische kost van overstromingen bepalen. De demografische ontwikkeling en onze levenskeuzes bijvoorbeeld zorgen ervoor dat almaar meer mensen in overstromingsgebieden gaan wonen. Ook landbouwpraktijken zijn dan weer ook bepalend voor de manier waarop de bodem en landschapselementen de waterhuishouding beïnvloeden.

In Europa zijn overstromingen de meest voorkomende rampen. In 2013 kreeg nagenoeg anderhalf miljoen mensen ermee te maken. De Europese instanties dringen dan ook aan op een aantal maatregelen om overstromingsrisico's te evalueren en aan te pakken om de gevolgen zoveel mogelijk te verzachten.

Hoe kun je overstromingen met satellietbeelden bestrijden? Het grootschalige **HYDRASENS**-project, waaraan vijf Belgische en Luxemburgse onderzoeksteams meewerken, wil meer inzicht



Dankzij de radargegevens is het mogelijk om een overstroomde gebied precies af te bakenen. In combinatie met een digitaal terreinmodel geeft dit een schatting van het waterniveau.

verwerven in de processen die overstromingen in stroomgebieden beïnvloeden en probeert betrouwbaardere operationele hulpmiddelen te ontwikkelen zoals modellen om overstromingen te voorspellen. Hoe betrouwbaarder deze modellen, hoe beter de inwoners beschermd zijn.

Belgische civiele instanties werken gewoonlijk met voorspellingsmodellen voor overstromingen die uitgaan van het rivierpeil. Die houden echter geen rekening met de verzadigingsgraad van de bodem, met andere woorden met het vermogen van de bodem om water te absorberen. Om met deze belangrijke parameter rekening te houden, hebben de onderzoekers aan de hand van

radargegevens een model geoptimaliseerd dat hydrologie en hydraulica met elkaar verbindt. Het model is getest in het stroomgebied van de Dijle in België en van de Alzette in Luxemburg, twee rivieren die vaker buiten de oevers treden.

HYDROLOGIE EN HYDRAULICA

Hydrologie

Om het absorptievermogen van een gebied in te schatten, moet je de vochtigheidsgraad van de bodem kennen. Die bepaalt immers hoeveel neerslag in de grond kan dringen en hoeveel water aan het oppervlak wegstroomt. Op perceelsniveau wordt deze variabele bepaald aan de hand van metingen met de GPR (Ground



Overstroming van de Dijle in Waals-Brabant.

© SPW (2010)



De grondpenetrerende radar (of geologische radar) wordt gemonteerd op een quad voor het real-time opmeten van de bodemvochtigheid.

Penetrating Radar) of bodemradar. Op de schaal van een stroombekken wordt de nodige informatie afgeleid uit satellietgegevens van de SAR (Synthetic Aperture Radar) of radar met synthetische apertuur. De bodemvochtigheidswaarden afkomstig van deze twee soorten sensoren worden vervolgens op een totaal nieuwe manier aan elkaar gelinkt.

Hydraulica

Hier is de omvang van de overstroming de belangrijke variabele. Tot nog toe was het (ondanks de beschikbaarheid van SAR-gegevens) heel ingewikkeld om de contouren van een overstroming binnen een stedelijk gebied of in een bosrijk gebied in kaart te brengen. Door de SAR-gegevens te combineren met digitale terreinmodellen met een hoge resolutie, vonden de onderzoekers een oplossing voor dit probleem.

UAV's (Unmanned Aerial Vehicles) of drones zijn op afstand bediende vlieg-machines die voor verschillende toepassingen worden gebruikt. Van ultralichte motorluchtvaartuigen tot de octocopter in de foto, kunnen ze verschillende types nuttige lading meevoeren (camera's, GPS-toestellen, weersinstrumenten, ...). Door hun grote flexibiliteit en snelle inzetbaarheid zijn ze het hulpmiddel bij uitstek voor het monitoren van rampen.



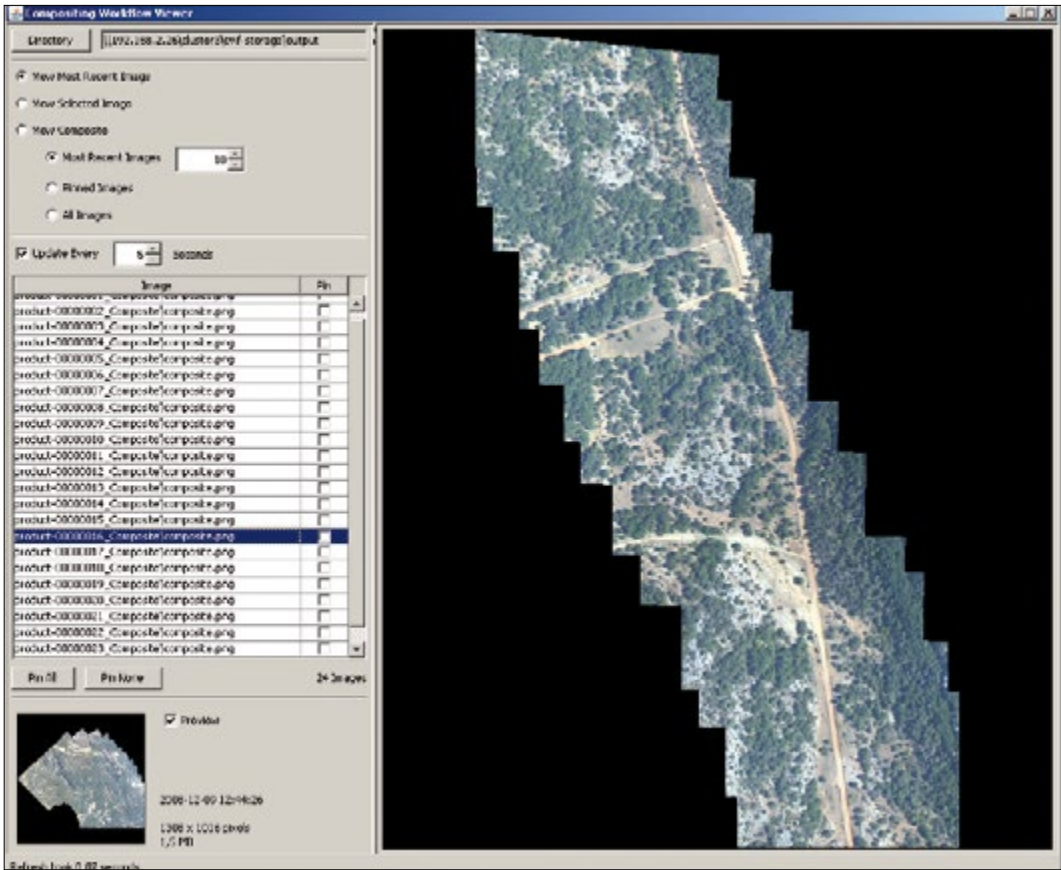
Met deze twee variabelen afkomstig van SAR-gegevens – bodemvochtigheid en omvang van de overstroming hebben onderzoekers een belangrijke stap vooruit gezet. Door ze in voorspellingsmodellen voor overstromingen te integreren, zijn deze een stuk accurater geworden. Bij elke stap wordt de ijking van het model beter door actuele gegevens in te voeren.

HOOGWATER VOORSPELLEN EN 'LIVE' VOLGEN

Zoals alle modellen leveren de huidige voorspellingsmodellen voor overstromingen soms foute informatie op. Het gaat hierbij vooral om fouten qua timing, omvang of hoogte van de overstroming. Het **FLOODMOIST**-project probeert te achterhalen hoe belangrijk het is om metingen van de bodemvochtigheid en de omvang van de overstroming in deze modellen te integreren. Het project onderzocht het nut van SAR-gegevens bij het permanent monitoren van de verzadigingsgraad van de bodem en bij het nauwkeurig begrenzen van zones die daadwerkelijk overstroomd zijn.

De onderzoekers focussen in het bijzonder op de onzekerheidsgraad van overstromingskaarten op basis van SAR-beelden. Naargelang de methode die bij het opmaken van de kaart wordt gebruikt, lopen de resultaten sterk uiteen. In eerste instantie hebben ze technieken ontwikkeld om deze onzekerheid vast te leggen en om die vervolgens in het gegevensassimilatieproces te integreren. Hun resultaten tonen aan dat deze benadering het model en de voorspellingen nauwkeuriger maakt.

De ontwikkelde technieken zijn tot nog toe enkel op overstromingen uit het verleden gevalideerd. In een volgende fase zullen ze worden getest



met realtime SAR-gegevens (of bijna in realtime als je rekening houdt met het korte verschil in tijd tussen de opname, de verwerking en de verzending van beelden). Civiele instanties zullen zo binnenkort gebruik kunnen maken van modellen gestuurd met 'live'-satellietgegevens om waarschuwingen voor een ramp te motiveren en om de hulpverlening tijdens de crisis te organiseren.

De Europese Ruimtevaartorganisatie heeft belangstelling voor deze twee projecten en hun belangrijke methodologische vernieuwingen. In het kader van het EU-programma Copernicus heeft ze een nieuwe missie ontwikkeld ter opvolging van de satellieten ERS-1 en 2 en Envisat. Deze missie luistert naar de naam Sentinel-1 en bestaat uit twee satellieten met aan boord een synthetische apertuur radar. De eerste satelliet, Sentinel-1 A, werd gelanceerd in april 2014 en de beelden die hij tot dusver heeft genomen hebben reeds hun nut bewezen voor tal van toepassingen.

EEN MOZAÏEK AAN REALTIME BEELDEN

Bij het aanpakken van rampen zijn snelle en gerichte interventies essentieel. Vaak ontbreekt het dan aan betrouwbare informatie die onmiddellijk beschikbaar is. Het **RIMS**-project wil dit probleem aanpakken met UAV's (Unmanned Aerial Vehicles).

Deze onbemande systemen – ongeacht of het nu gaat om lichte drones of grote stratosferische vliegtuigen – bieden heel wat voordelen: er is een ruim aanbod sensoren beschikbaar dat bovendien op verzoek kan worden ingezet.

De flexibiliteit en de snelle respons van een dergelijk systeem is daarom ongeëvenaard. Het is de ontbrekende schakel bij teledetectieplatformen om rampen te volgen. Om echter de opnames in nagenoeg realtime te visualiseren, moet de beeldverwerkingsketen worden geoptimaliseerd en geautomatiseerd. Hiervoor hebben de onderzoekers een nieuwe geografische coderingsmethode uitgewerkt: deze onmisbare stap bestaat erin om een superpositie van beelden en vectoriële lagen van dezelfde zone die op verschillende momenten vanuit verschillende hoeken en met verschillende sensoren werd gefotografeerd, op elkaar af te stemmen (met andere woorden te 'ijken' en te georefereren). Deze nieuwe aanpak zorgt voor een ongeëvenaarde betrouwbaarheid, snelheid en kwaliteit. Hoewel dergelijke automatische geocoderingsmethoden al langer bestaan, was de kwaliteit van de resultaten niet altijd dat. Deze nieuwe methode maakt het nu echter mogelijk om in nagenoeg realtime de beste verwerkingsketen te kiezen op basis van de inhoud van de geobserveerde zone en de beschikbare externe gegevens.

De onderzoekers konden zo een prototype van een programma ontwikkelen dat de beelden onmiddellijk op het UAV-platform verwerkt, ze assembleert tot een mozaïek en 'live' een getrouw en geografisch gelokaliseerd beeld van de overvlogen zone aflevert. Het programma stuurt deze weergave online door waarna ze onmiddellijk inzetbaar is voor de hulpdiensten. Dit operationele hulpmiddel kan op heel wat belangstelling van de overheid en de industrie

Dankzij het programma dat binnen het RIMS-project is ontwikkeld, kunnen de hulpdiensten een geografisch gelokaliseerde mozaïek van de interventiezone online visualiseren.

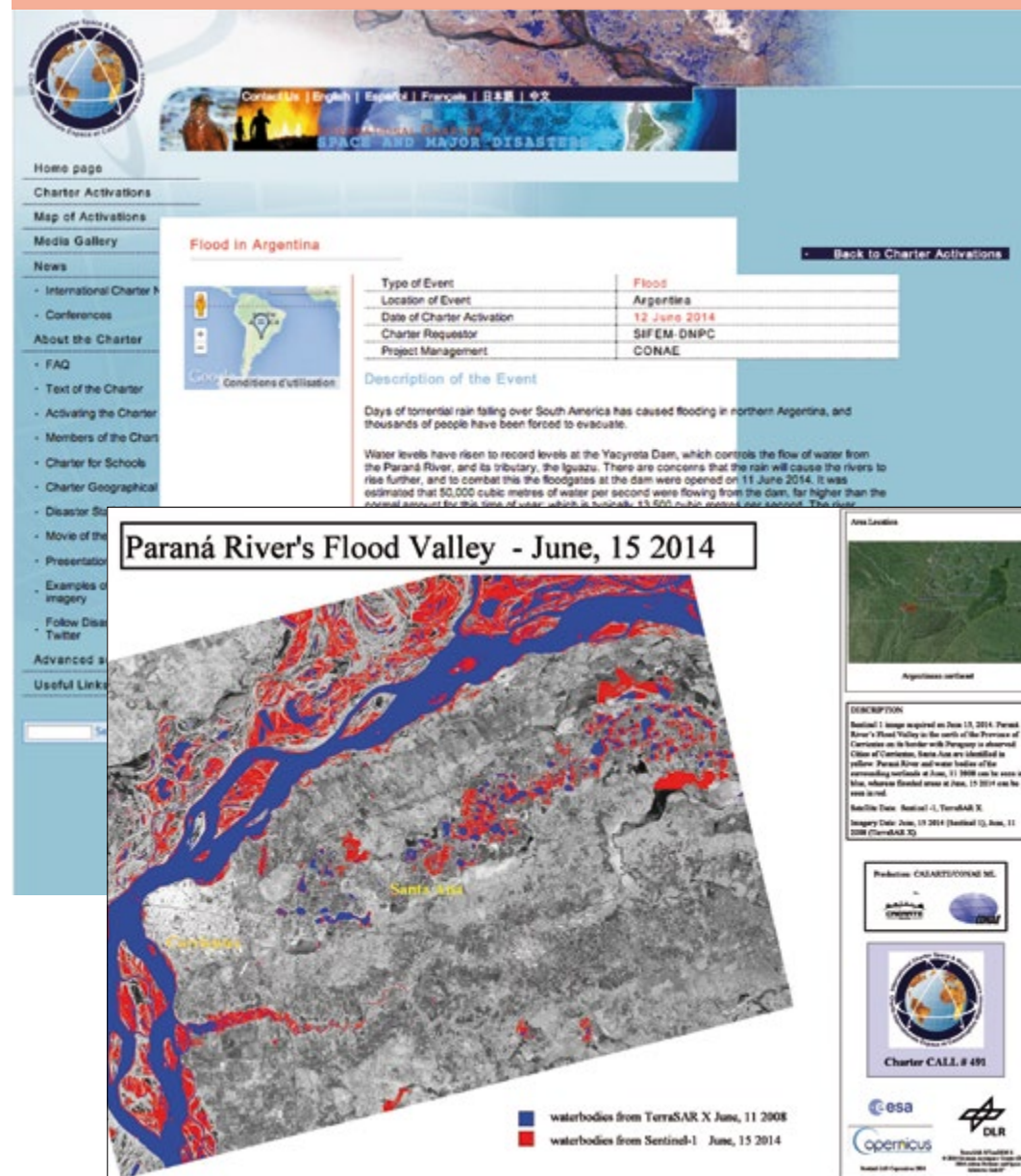
Het Charter werd bij de overstroming van de Paraná in Argentinië in juni 2014 geactiveerd. Met behulp van de gegevens van Sentinel-1A was het mogelijk om de omvang van de overstroming gedetailleerd in kaart te brengen. Sentinel-1A is de eerste van een hele reeks satellieten die deel uitmaken van het Europese aardobservatieprogramma Copernicus. De gegevens van de Sentinels zullen gratis ter beschikking gesteld worden voor alle gebruikers. In crisissituaties is het zelfs mogelijk om al na één uur van de opname de gegevens ter beschikking te hebben.

INTERNATIONAAL CHARTER 'RUIMTEVAART EN GROTE RAMPEN'

Telecommunicatie, aardobservatie, meteorologie, geolocatie: ruimtetechnologie is van cruciaal belang bij de aanpak van risico's. Om in een noodsituatie vlot toegang te hebben tot deze hulpmiddelen, was een centraal systeem nodig om ruimtegegevens met voorrang te verzamelen en ter beschikking te stellen. Het Internationale charter 'Ruimtevaart en grote rampen' dat op 1 november 2000 officieel van kracht werd, komt hieraan tegemoet en biedt de mogelijkheid om rampen aan te pakken en de gevolgen voor de bevolking te beperken. Alle agentschappen die bij het charter zijn aangesloten, verbinden zich ertoe hun middelen ter beschikking te stellen om met voorrang beelden en kaarten van de getroffen gebieden te maken en te verspreiden.

Het charter werd opgericht door de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA en het Franse CNES. Al snel sloot ook het Canadese Ruimtevaartagentschap zich hierbij aan. Intussen telt het charter een vijftiental leden, agentschappen en belangrijke instanties van alle continenten. De procedure is heel eenvoudig: bij een ramp kan iedere gemachtigde gebruiker contact opnemen via een vertrouwelijke noodlijn die 24 uur per dag bereikbaar is. Na analyse van het verzoek stelt de projectleider een plan op om nieuwe gegevens te verzamelen en om een keuze te maken uit de archieven. Hij maakt hierbij gebruik van de beschikbare satellieten. Samen met operatoren die deze gegevens kunnen verwerken en analyseren, levert hij zo snel mogelijk beelden, kaarten en alle andere informatie die nuttig kan zijn. Sinds de oprichting werd het charter intussen al meer dan 400 maal ingeschakeld om hulporganisaties en civiele beschermingsdiensten te helpen bij dramatische gebeurtenissen teweeggebracht door de natuur of de mens (overstromingen, stormen, branden, aardbevingen, vulkaanuitbarstingen, olierampen enz.).

www.disasterscharter.org



Ontmijningsoperatie in Petrinja (Centraal Kroatië). In de Kroatische bodem zouden nog 90.000 anti-persoonsmijnen bedolven zitten. Sinds het einde van het conflict in 1995 verloren al meer dan 500 mensen het leven door landmijnen.

rekenen en wordt nu verder ontwikkeld samen met AGIV (Agentschap voor Geografische Informatie) en Belgische ondernemingen die zich specialiseren in beeldvormingssystemen zoals Barco en Gatewing.

BLIK OP MIJNENVELDEN VANUIT DE LUCHT

Ondanks de Nobelprijs voor de Vrede in 1997 en een grootschalige internationale campagne blijven antipersoonsmijnen een enorme plaag. In 2013 (het laatste jaar waarvoor cijfers beschikbaar zijn) maakten mijnen niet minder dan 3.308 slachtoffers. Het gaat daarbij vooral om burgerslachtoffers, meestal vrouwen en kinderen. Momenteel kampen nog bijna zeventig landen met een mijnenplaag. Naast de mijnen zelf vormt niet-ontplofte munitie ook een latente dreiging.

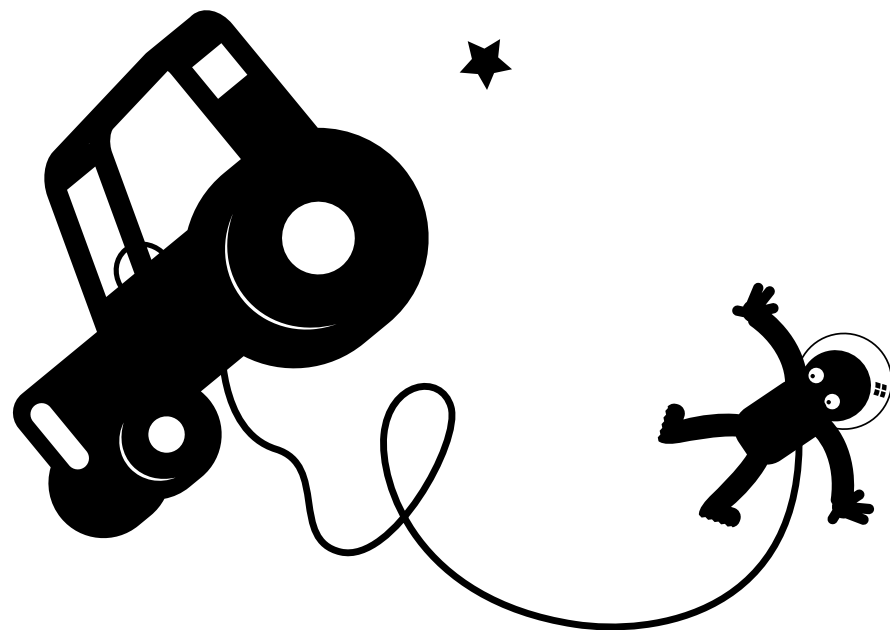
Het **SPRINT**-project onder leiding van de Koninklijke Militaire School buigt zich over de mijnenplaag in voormalige conflictgebieden. Deze oorlogsrestanten staan de overgang van een crisissituatie naar echte vrede in de weg. Ze vormen niet alleen een gevaar voor de fysieke integriteit van de bevolking, maar verhinderen ook een mogelijke heropbouw en een hervatting van de lokale ontwikkeling. Het grootschalige Europese TIRAMISU-project wil iedereen die betrokken is bij humanitaire ontminning, een compleet pakket hulpmiddelen aanreiken dat rekening houdt met de heel uiteenlopende situaties op het terrein. Om het proces voor het

vrijgeven van gronden vlotter te laten verlopen, wil TIRAMISU een geïntegreerd geospaatial systeem ontwikkelen dat in staat is om gegevens te verwerken die heel divers zijn, zowel qua type (visuele interpretatie, historische gegevens, multispectrale en hyperspectrale satellietgegevens, radargegevens enz.), resolutie en bron (drone, vliegtuig, satelliet).

Ter ondersteuning van dit grootscheepse project hebben de onderzoekers van het **SPRINT**-project een techniek ontwikkeld om met behulp van satellietgegevens mijnen en velden in Kroatië te lokaliseren. Het uitgangspunt is dat een zone die door de plaatselijke bevolking wordt vermeden, mogelijk gevaarlijk is. Het onderzoek maakt een verschil tussen zones met en zonder menselijke activiteit. Het haalt die informatie uit veranderingen die in tijdreeksen van SAR-radarbeelden worden waargenomen op basis van de analyse van de interferometrische coherentie. Deze parameter levert informatie op over verschillen in oneffenheden van het bodemoppervlak tussen twee beeldopnames. Een eerder onderzoek, dat plaatsvond op de grens tussen Jordanië en Syrië, toonde aan de hand van SAR-gegevens van de ERS missie aan dat menselijke activiteit op een bepaalde plaats leidt tot veranderingen in de interferometrische coherentie. Omgekeerd geldt dat in zones met weinig menselijke activiteit de interferometrische coherentie langer gehandhaafd blijft, waardoor ze inderdaad als risicozones kunnen worden bestempeld.



FOCUS OP DE LANDBOUWSECTOR



Dit artikel is gebaseerd
op de onderzoeksprojecten

GLOBALAM
EVA-3M
ADASCIS
MOCA
SOC-3D
SENSOR
HYPERMIX

De landbouwsector staat voor belangrijke uitdagingen zoals het garanderen van voedselzekerheid, zorg voor het milieu en sociaal-economische ontwikkeling. Of het nu gaat om de hele planeet of een enkel perceel landbouwgrond, teledetectie helpt bij het ontwikkelen van almaar betere instrumenten voor monitoring en oogstvoorspelling.

In nauwelijks enkele decennia heeft de landbouwsector ingrijpende wijzigingen ondergaan en de problemen stellen zich nu op wereldschaal. De belangrijkste uitdaging is zonder meer voedselzekerheid voor iedereen. Tegen 2050 zal de wereldbevolking naar verwachting tot 9,6 miljard zijn gestegen. Om voor iedereen voldoende en adequaat voedsel te garanderen moet er volgens prognoses van de FAO tegen die tijd wereldwijd 70% meer voedsel worden geproduceerd dan nu het geval is! Dit is een kolossale uitdaging als je bedenkt dat het aantal mensen dat actief is in de landbouwsector, voortdurend afneemt. Bovendien is de landbouwproductie afhankelijk van weersomstandigheden die onbestendiger worden en van extreme weersverschijnselen die zich almaar vaker voordoen. Landbouwpraktijken roepen ook heel wat milieuvragen op. Ze hebben immers een directe

impact op bodem-, lucht- en waterkwaliteit, maar ook op landschappen en op habitats die noodzakelijk zijn om de biodiversiteit in stand te houden. Landbouwproducten zijn tot slot belangrijke economische activa die soms het voorwerp zijn van speculaties op de financiële markten.

Om op al deze uitdagingen een antwoord te bieden, hebben we absoluut betere instrumenten nodig om landbouwpraktijken te monitoren en om de productie te voorspellen. De ontwikkeling van deze instrumenten loopt parallel met de opkomst van de teledetectie. Sinds de lancering van Landsat-1 in 1972 – de eerste civiele satelliet voor de observatie van terrestrische hulpbronnen – zijn er heel wat nuttige toepassingen voor de landbouw ontwikkeld. Ze leveren informatie op over de conditie van de gewassen, laten toe om beteelde oppervlakten in kaart te brengen, om toekomstige opbrengsten in te schatten of om, na extreme gebeurtenissen (droogte, overstroming, vorst, storm enz.), de schade te beoordelen. De voortdurende verbetering van de spatiale en spectrale resoluties van de sensoren komt ook de precisielandbouw ten goede, waardoor het toedienen van water, meststoffen of andere productiemiddelen aan de reële behoeften op perceelsniveau kan worden afgestemd. Deze gerichte aanpak optimaliseert de kwaliteit en het rendement en beperkt tegelijk de impact op het milieu. Onderzoeksprojecten vertrouwen vandaag op een almaar groter aantal observatie-instrumenten met heel uiteenlopende schalen, spectrale resolutie en opnamefrequenties. Het aantal gearchiveerde gegevens is enorm. Zo beschikken we over meer dan 40 jaar Landsat- (80 tot 30 meter resolutie) en SPOT-HR-beelden (20 tot 2,5 meter), over 36 jaar dagelijkse opnames van de



NOAA-AVHRR-satelliet (1 kilometer), 16 jaar VEGETATION-beelden (1 kilometer tot 300 meter), bijna 15 jaar MODIS-beelden (1 kilometer tot 250 meter) en 10 jaar MERIS-beelden (ongeveer 300 meter resolutie). Door na te gaan welke specifieke voordelen de verschillende sensoren bieden en hoe ze op de productiefste manier kunnen worden gecombineerd, kregen de onderzoekers meer mogelijkheden en informatiebronnen om vooruitgang te boeken op het vlak van landbouwmonitoring, zowel op globaal niveau (dankzij wereldwijde agrometeorologische modellen) als op de schaal van de landbouwonderneming.

Een van de doelstellingen van het Global Earth Observation System of Systems (GEOSS) is het versterken van de mondiale landbouwmonitoring zodat de voedselzekerheid verbeterd kan worden.

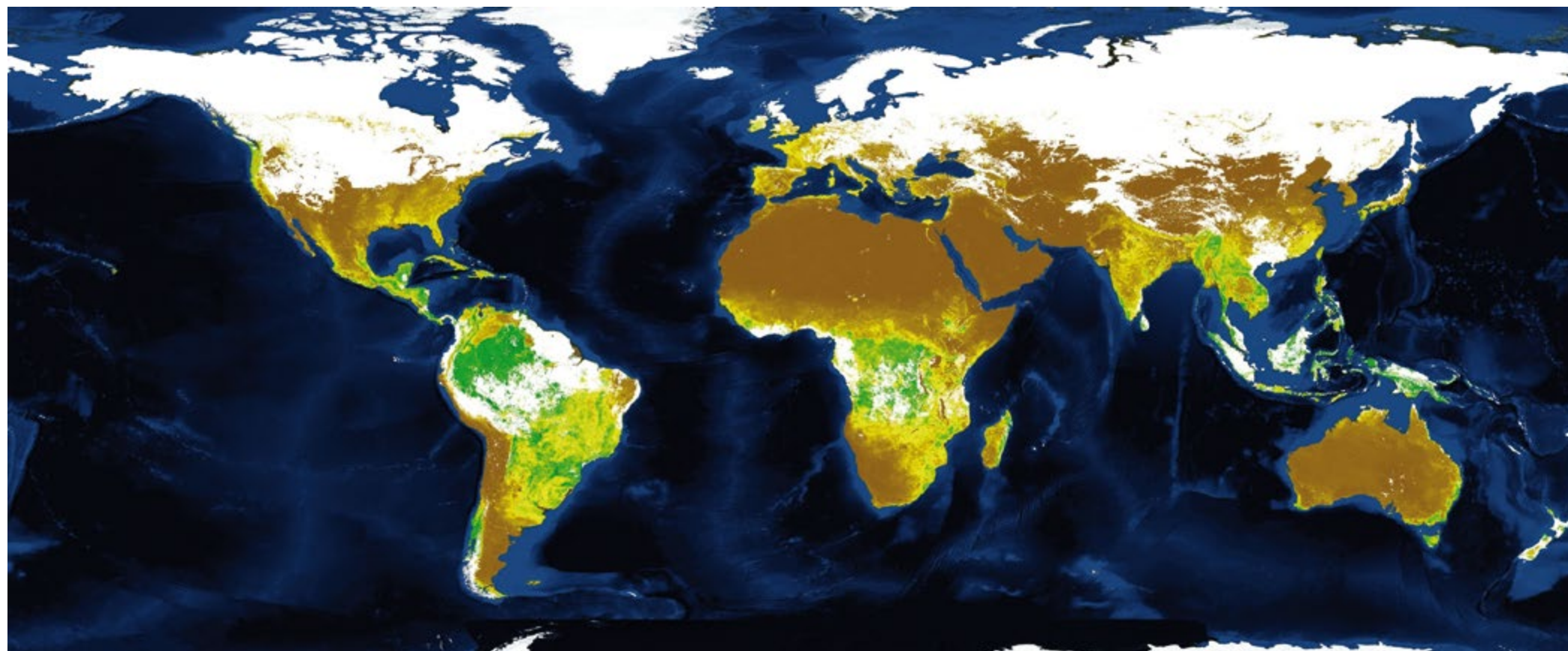
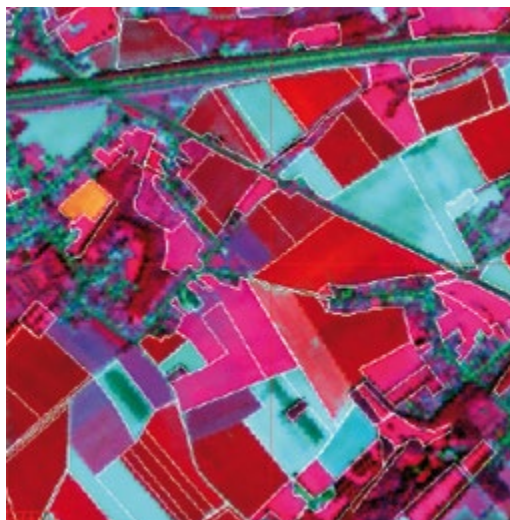
VOEDSEL VOOR 9 MILJARD MENSEN IN 2050

In het licht van de wereldwijde demografische druk en de nood aan een grotere voedselvoorziening baren de wisselvallige productie en opbrengst grote zorgen. Om de voedselzekerheid te garanderen, zijn overheden overal ter wereld in de weer om monitoringssystemen te ontwikkelen. In 1998 ging de Europese Commissie van start met het MARS-programma om de link te leggen tussen de nieuwe aardobservatiemogelijkheden en de oogstvoorspellings technieken. Na MARS volgde het GEO-initiatief (Group on Earth Observation) dat de oprichting beoogde van een mondiaal burgerlijk observatiesysteem (Global Earth Observation System of Systems). Al deze initiatieven kunnen rekenen op de steun van ruimtevaartagentschappen en grote internationale organisaties (Wereldvoedselprogramma, FAO, Wereldbank enz.) en van nationale en regionale instanties die landbouwers steunen en informatie bezorgen.

Het is daarom vrij verrassend dat we – ondanks de opmerkelijke technologische vooruitgang die sinds de jaren 1990 op het vlak van aardobservatie is geboekt – moeten vaststellen dat de operationele monitoringssystemen nauwelijks zijn geëvolueerd. De inbreng van teledetectie heeft weliswaar tot een grote wetenschappelijke vooruitgang geleid, vooral bij gewasgroeimodel len, maar in de praktijk blijft deze technologie onderbenut. Gewasgroeimodellen hebben de bedoeling gedetailleerde informatie op te leveren op regionale, continentale en mondiale schaal. Hiervoor is een input van nauwkeurige, betrouwbare gegevens nodig op het juiste moment en over grote, heel uiteenlopende geografische gebieden.

Het **GLOBAM**-project koppelde hiertoe de plaatselijke monitoring van teelten via aardobservatie aan globale groeimodellen om zo de best mogelijke oogstvoorspellingen te kunnen maken op alle mogelijke schalen.

Welke resolutie heb je nodig om percelen in een agrarisch landschap te kunnen identificeren? Het GLOBAM-project heeft gegevens van sensoren met lage, gemiddelde en hoge resolutie gebruikt. Hier zie je hetzelfde agrarische landschap door de ogen van de HRV-sensor van SPOT 5 (10 m) en de MODIS-sensor (250 m).



WELKE SENSOREN VOOR WELKE RESULTATEN?

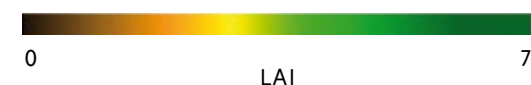
Het onderzoek richtte zich op drie gebieden van 300 x 300 km in Noord-Europa (nagenoeg de volledige oppervlakte van België), Azië (China) en Afrika (Ethiopië), elk met een totaal andere agro-ecologische context. In deze drie gebieden werd het groeiseizoen van wintertarwe en maïs geobserveerd aan de hand van metingen op het terrein en van gegevens van verschillende types satellietsensoren met verschillende spatiale resolutie.

De eigenschappen en de voordelen van deze verschillende sensoren werden bestudeerd en gecombineerd om input aan te leveren voor globale monitoringsmethoden die met lokale bijzonderheden rekening houden. Aangezien het op dergelijke schaal onmogelijk is om in situ



metingen uit te voeren, werd ervoor geopteerd om parameters afgeleid van satellietgegevens te koppelen aan allerlei groeimodellen, die voor elke site afzonderlijk werden geijkt.

De resultaten van het project effenden het pad voor methodologische benaderingen om de gewasgroei beter te voorspellen en te monitoren. De gegevens van de SAR-radar, waarvan het actieve signaal door de wolkenlaag dringt, zijn bijvoorbeeld heel nuttig in gebieden waar de lucht vaak betrokken is. Wanneer deze beelden regelmatig worden gemaakt, kunnen ze een aanvulling vormen op de informatie die optische beelden leveren. Door deze beide bronnen op een vernieuwende manier te correleren, heeft het onderzoek de bepaling van de bladoppervlakte-index (LAI) verbeterd. Dit is een belangrijke parameter die de oppervlakte van groene bladeren per eenheid bodemoppervlakte weergeeft. Nog verrassender was de interessante bijdrage van geostationaire satellieten. Deze satellieten, die op een hoogte van zo'n 36.000 km in een baan om de aarde draaien, worden meestal voor meteorologische waarnemingen gebruikt, maar de gegevens van bijvoorbeeld de MSG-satellieten (Meteosat Second Generation) laten ook toe om voor een bepaald gewas de evapotranspiratie in te schatten. Deze parameter geeft een indicatie hoeveel water de plant (en de bodem) tekort heeft en hoe kwetsbaar het gewas is. Deze twee factoren hebben een invloed op de ontwikkeling van de plant en op de verwachte opbrengst. De integratie van evapotranspiratiegegevens in groeimodellen vormt dan ook een belangrijke bijdrage voor het monitoren van de gewasgroei.

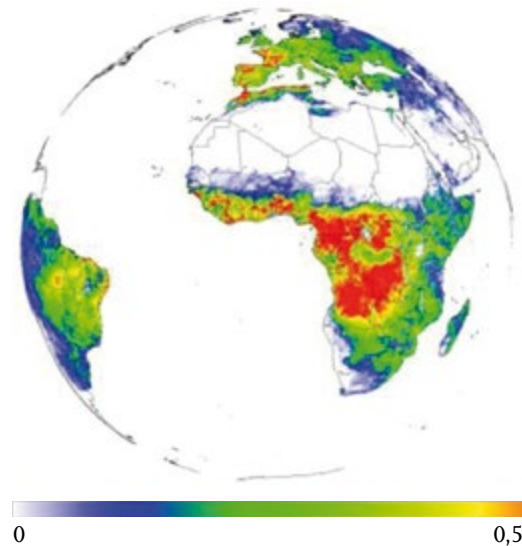


De bladoppervlakte-index (LAI) is afgeleid van de mondiale gegevens van de VEGETATION-sensor. Elke tien dagen wordt hij berekend, en is daarmee een van de parameters waarmee schattingskaarten worden gemaakt van de landbouwproductie op mondiale schaal.



BETROUWBAARDER METHODES

Twee studies die tijdens de laatste fase van het project werden uitgevoerd, brachten in kaart waaraan toekomstige satellietsensoren en methodes voor het afleiden van informatie moeten voldoen met het oog op de uitdagingen van de toekomst, in het bijzonder op het vlak van de vereiste spatiale resolutie voor verschillende soorten agrarische landschappen die wereldwijd bestaan. In Ethiopië bijvoorbeeld zijn waarnemingsgegevens met een heel hoge resolutie aanbevolen. Die leveren immers niet alleen voldoende gedetailleerde informatie op over het reliëf, maar laten ook toe om kleine percelen in kaart te brengen waarop vaak twee tot drie verschillende gewassen door elkaar worden geteeld.



Evapotranspiratie (ET), de som van evaporatie aan land- en zeeoppervlaktes en van plantaardige transpiratie, is een essentieel onderdeel van de watercyclus. Mondiale ET-kaarten worden elke 30 minuten geproduceerd op basis van Meteosatgegevens.

De hagelstorm die in juni 2014 over ons land joeg, veroorzaakte grote schade aan gewassen, maar vooral aan infrastructuur. Als hij wordt erkend als een natuurramp, komen getroffen landbouwers in aanmerking voor vergoeding door het Rampenfonds.



De te ontwikkelen methodes moeten ook robuust zijn. Het komt er immers niet alleen op aan om monitoringstechnieken uit te werken die op alle geografische gebieden van toepassing zijn, maar die ook in wisselvallige meteorologische en klimatologische omstandigheden kunnen worden ingezet. Om de wereldwijde uitdaging van voedselzekerheid aan te gaan, hebben we vandaag betere instrumenten nodig voor monitoring en voorspelling die met deze variabelen rekening houden.

Een ander project, **EVA-3M**, probeert een generieke methode te ontwikkelen om het evapotranspiratieproces te kwantificeren voor verschillende soorten bodemgebruik en verschillende klimaatzones.

De spatiale en temporele resoluties moeten voldoende hoog zijn om aan de noden van de landbouwsector tegemoet te komen: inschatten van de waterbehoefte, opstellen van irrigatieplannen, beter inspelen op waarschuwingen voor droogte en opbrengst-prognoses verfijnen. Het project onderzoekt hoe de evapotranspiratiekaarten die aan de hand van gegevens van de geostationaire MSG-satellieten zijn opgemaakt, optimaal kunnen worden benut op regionale of subregionale schaal. De satellieten hebben een zeer hoge waarnemingsfrequentie (om de 15 minuten) maar een spatiale resolutie van amper 3 kilometer. De onderzoekers proberen dit gebrek aan spatiale nauwkeurigheid te compenseren door deze gegevens te combineren met data van polaire satellieten met een spatiale resolutie van 300 meter.

OOGSTVERZEKERING: VAN TELEDetectIE NAAR PRAKTISCHE TOEPASSING

Landbouwers in onze streken zien hun inkomen jaar na jaar instabieler worden. Dit is een gevolg van prijschommelingen op de markt, van de geleidelijke afbouw van compensatiemechanismen van de Europese Unie, maar ook van het wisselvallige klimaat en de almaar vaker voorkomende extreme weerfenomenen (droogte, hittegolven, hevige regenval en stormen). Voor de landbouwsector is een betere aanpak van natuurlijke risico's een must en soms zelfs een kwestie van overleven.

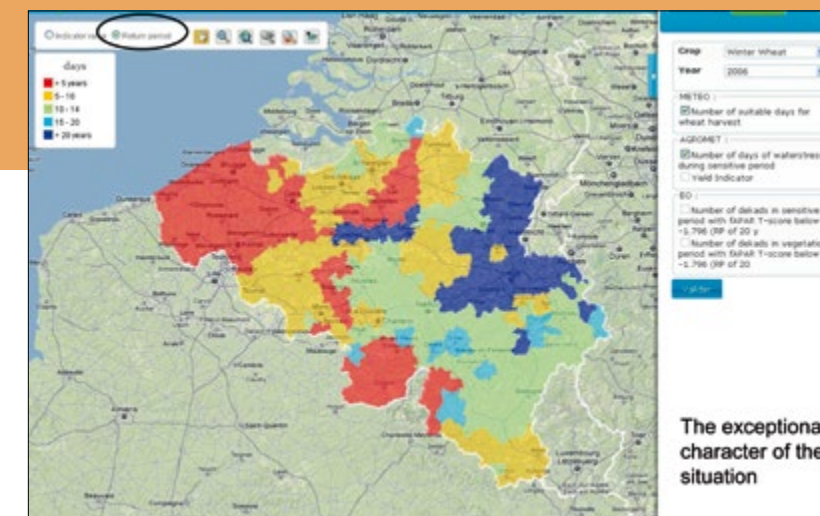
In België wordt de compensatie van gewasverliezen door een ramp gedekt door het Landbouwrampenfonds. De diensten die het Fonds beheren, willen het vaststellen van de schade en de follow-up van de schadegevallen sneller en efficiënter laten verlopen. Het **ADASCIS**-project ging na hoe het besluitvormingsmechanisme kon worden ondersteund met betrouwbare, objectieve informatie.

In een eerste fase van het project werden relevante indices voor gewasschade geselecteerd. Deze indices worden afgeleid uit meteorologische gegevens, agrometeorologische modellen en waarnemingen van satellitsensoren met lage en gemiddelde resolutie. De indexwaarden worden vervolgens vergeleken met referentiewaarden gebaseerd op historische gegevens.

De berekening van de indices liet toe om op regionaal en gemeentelijk niveau zones te identificeren waar zich herhaaldelijk problemen voordoen (groeiachterstand, lage opbrengsten, geringe bodemvochtigheid) of waar het risico op gewasschade groot is. Op het niveau van de percelen werd aan de hand van satellietbeelden met zeer hoge resolutie en van SAR-beelden op twee specifieke plaatsen een detailonderzoek uitgevoerd om de resultaten te valideren die op basis van gegevens met mediumresolutie werden verkregen.

Er werd een pre-operationele webapplicatie ontwikkeld die gebruikers de mogelijkheid biedt om de schade- en risico-indices te visualiseren en te analyseren door middel van kaarten en grafieken. De applicatie werd tijdens het groeiseizoen 2011 getest om de omvang en de intensiteit van de droogte tijdens de lente te beoordelen. Het instrument laat de bevoegde overheden toe om rampzones te identificeren en om een uitspraak te doen over de ontvankelijkheid van schadeclaims.

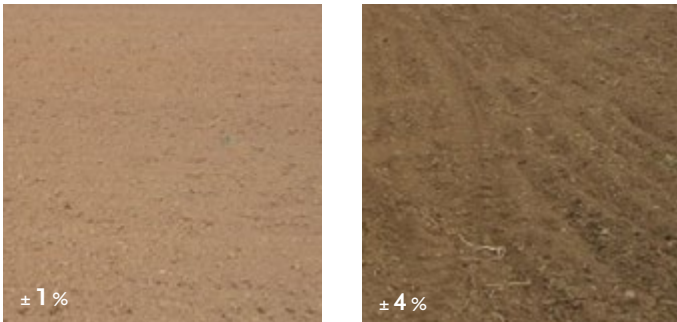
Het project ligt ook in de lijn van de evolutie van oogstverzekeringen. Europese instanties dringen sinds 2006 aan op een betere bescherming tegen ongunstige weersomstandigheden. Bij een ramp hangt het bedrag van de Europese schadeloosstelling die de landbouwer ontvangt, af van de verzekering die hij heeft afgesloten. Het project heeft de oogstverzekeringssystemen onderzocht die in andere landen worden toegepast en heeft een aangepaste procedure voor België vastgelegd. Voor regionale landbouwinstaties kan de ontwikkelde tool dienst doen als kennisbank over de aard en de frequentie van risico's. De samenstelling van de stuurgroep voor het project is een afspiegeling van al deze belanghebbenden: naast de FOD Economie zetelen er landbouwersverenigingen, vertegenwoordigers van het Vlaamse en het Waalse Gewest en afgevaardigden van de verzekeringssector (Assuralia) in.



Met de webapplicatie die door het project ADASCIS werd ontwikkeld, kan je onder meer het uitzonderlijke karakter van een situatie visualiseren. Bijvoorbeeld het aantal gunstige dagen voor de tarweoogst vergeleken met een referentiejaar.



De extractie van een intacte bodemboorkern van zo'n 1 m lang gebeurt met behulp van een grondboor. Vervolgens wordt de verticale verdeling van koolstof geanalyseerd.



Deze twee soorten vers geploegde grond kunnen dienen als norm voor de concentratie van organische koolstof. De bodem links heeft een laag koolstofgehalte, de bodem rechts scoort gemiddeld.

SLEUTELROL VOOR ORGANISCHE KOOLSTOF

De organische koolstof in de bodem is een uiterst belangrijke factor voor de landbouwproductiviteit. Ze vervult een aantal fundamentele biologische, fysische en chemische functies die niet alleen een impact hebben op de vruchtbaarheid, de kwaliteit en de stabiliteit van landbouwgronden maar ook op de biodiversiteit en de toxiciteit van polluenten. Ze speelt ook een belangrijke rol bij de koolstofbalans: de bodem heeft immers een groot vermogen om koolstof vast te leggen. Onderzoek heeft aangetoond dat sommige landbouwpraktijken ervoor zorgen dat een maximale hoeveelheid koolstof in de bodem wordt gebonden, waardoor de CO₂-concentratie in de atmosfeer afneemt. Een van de prioriteiten van het nieuwe gemeenschappelijk landbouwbeleidsprogramma (2014-2020) is het beschermen van gronden die veel organische koolstof bevatten. Dit programma stelt dat de afname van het organisch materiaal een van de grootste bedreigingen voor de bodemrijkdommen vormt.

Luxemburg was een van de eerste landen die het initiatief nam om systematisch de concentratie organische koolstof in landbouwgronden te meten. Deze metingen van de hoeveelheid organische koolstof in de bodem vinden onmiddellijk toepassing bij het toekennen van koolstofkredieten. Ze zijn ook een indicator voor het naleven van de 'goede landbouw- en milieucondities' die de Europese Unie heeft vastgelegd. Die condities beschrijven uitvoerig alle regels en praktijken die moeten worden gevolgd om in aanmerking te komen voor Europese steun (onderhoud van akkers en weilanden, gecontroleerde irrigatie, vruchtwisseling enz.).

Het **MOCA**-project ging na hoe een doeltreffende en operationele methode kon worden uitgewerkt om de concentratie organische koolstof in de bodem te analyseren en in kaart te brengen. De onderzoekers probeerden vervolgens te achterhalen of de gegevens voldoende nauwkeurig waren om de landbouwers toe te laten de impact van nieuwe landbouwpraktijken op deze concentraties in te schatten. Omdat het verzamelen van de noodzakelijke terreingegevens met traditionele bemonsteringstechnieken duur en tijdrovend is, werd als alternatief gekeken naar hyperspectrale sensoren op vliegtuigen.

De onderzoekers moesten wel proberen de negatieve impact teniet te doen van factoren die het signaal verstoren, zoals de luchtvochtigheid en slagschaduwen door oneffenheden in het terrein. In het studiegebied in Luxemburg, dat gekenmerkt is door heel uiteenlopende bodemtypes en door grote verschillen in koolstofconcentraties, werden vijf hyperspectrale beelden van de AHS-160-sensor verwerkt, geanalyseerd en vergeleken met metingen die op het terrein werden uitgevoerd. In de meeste

gevallen leverden de ontwikkelde modellen voldoende precieze ramingen van de concentraties organische koolstof op om tegemoet te komen aan de behoeften van de extensieve landbouw. De methodologische vooruitgang die met het project werd geboekt, komt direct ten goede aan de eindgebruikers zoals de Luxemburgse onderneming Convis. Die gebruikte de resultaten om bemestingsplannen en balansen van de bodemkwaliteit op te stellen.

DE DERDE DIMENSIE VAN KOOLSTOF

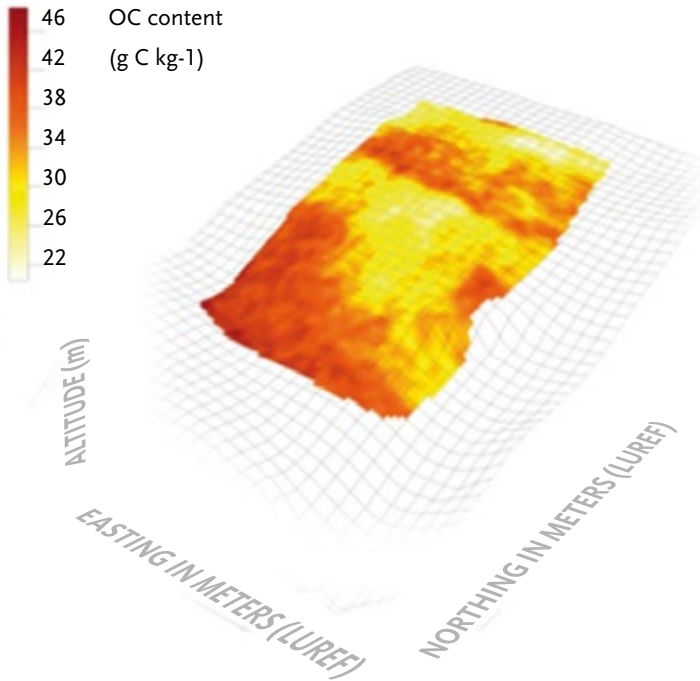
In het verlengde van dit onderzoek ging het **SOC-3D**-project na hoe de raming van de koolstofvoorraad verbeterd kon worden door in de ruimtelijke weergave van de concentratie ook rekening te houden met de verticale verdeling ervan in de eerste meter bodem. Voor het bepalen van het koolstofgehalte aan het oppervlak vloog de hyperspectrale APEX-sensor (Airborne Prism Experiment) over een gebied van 860 km² in Luxemburg. Deze gegevens werden gekruist en gevalideerd met meer dan 150 bodemstalen uit het studiegebied. Om de koolstofinhoud in de eerste meter grond te bepalen werden met een boor bodemmonsters genomen. Elke intacte laag van 10 centimeter werd vervolgens met een laboratoriumspectrometer gescand. Het was de bedoeling om met dit onderzoek van de 'derde dimensie' realistischere schattingen te krijgen van de concentratie aan organische bodemkoolstof en om voor elk punt van het onderzochte gebied de koolstofvoorraad af te leiden. De beste resultaten voor het koolstofgehalte aan het oppervlak werden behaald door de hyperspectrale gegevens te combineren met geomorfologische variabelen (hellingsgraad, kromming).

De kaarten geven een prima overzicht van de verschillen tussen de percelen en tonen duidelijk aan dat de concentratie organische koolstof afhangt van het bodemtype en van geomorfologische variabelen. Door deze resultaten in een Google Earth-toepassing te verwerken kunnen gebruikers de ruimtelijke distributie van organische koolstofconcentraties heel gemakkelijk nagaan. Vaak zijn die een afspiegeling van landbouwpraktijken die door de jaren heen zijn veranderd, of van verschillen in de erosiegraad.

Deze gedetailleerde kaarten zijn om twee redenen nuttig: eerst en vooral geven ze landbouwers informatie over het gehalte aan organisch materiaal in hun velden, wat hen toelaat om gepaste beschermingsmaatregelen te nemen. Daarnaast leveren ze ook input voor de nationale inventarissen van het organisch koolstofgehalte, wat centraal staat in de nieuwe regels van het Europese landbouwbeleid.

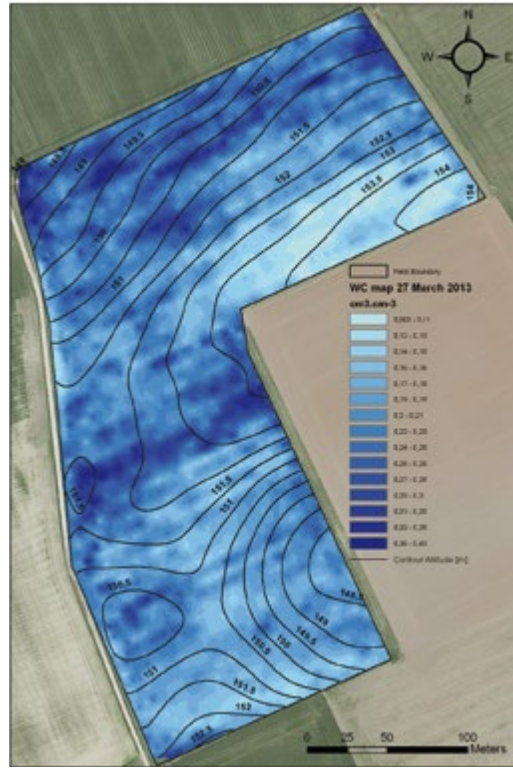


Google Earth-beeld van het zuiden van het Groothertogdom Luxemburg, waarop een kaart werd geprojecteerd van het organischekoolstofgehalte van geploegde bodems.



Een van de factoren die binnen één perceel voor een variatie in het koolstofgehalte zorgen is de topografie.

Hogeresolutiekaart van de bodemvochtigheid van een landbouwperceel in Gentinnes, samengesteld op basis van bodemradar-gegevens die over landschapscontouren heen werden gelegd. Hoe donkerder het blauw, des te hoger het watergehalte.



WATER, DE BRON VAN ALLES

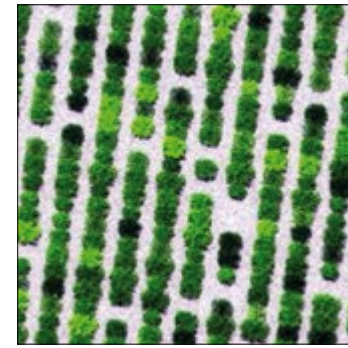
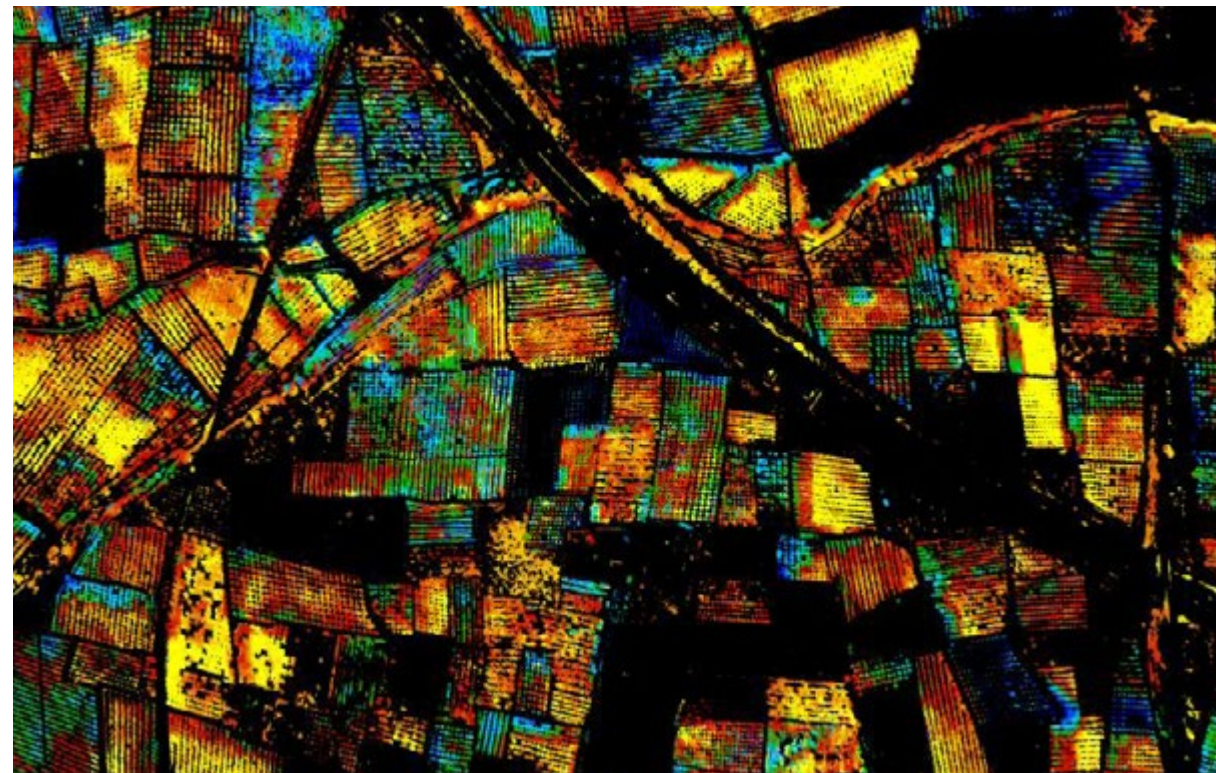
De bodemvochtigheid is vanzelfsprekend eveneens een belangrijke parameter voor de groei van planten, maar hij speelt ook een belangrijke rol in de waterkringloop (infiltratie, afvloeiing, opname door wortels, verdamping) en de uitwisseling van energie met de atmosfeer en dus ook in het klimaatsysteem. De inschatting ervan met behulp van teledetectie-instrumenten aan boord van vliegtuigen of satellieten (vooral radar) heeft intussen algemeen ingang gevonden op elke schaal, van velden tot stroomgebieden. Nochtans is de bodemvochtigheid van nature heel veranderlijk in tijd en ruimte en is het moeilijk om op het terrein voldoende gegevens te verzamelen om de verwerkingsmethodes van de SAR-gegevens (Synthetic Aperture Radar) op een doeltreffende manier te ijken en te valideren, wat resulteert in een hoge graad van onzekerheid van de resultaten.

Om die te verminderen heeft het **SENSAR**-project een nieuw type radar ingezet: de grondpenetratieradar of GPR (Ground Penetrating Radar). Die kan het schaalverschil overbruggen dat nu nog bestaat tussen teledetectie en traditionele monsternamen op het terrein. Het vervolmaken van de methodes om bodemvochtigheid af te leiden uit SAR-gegevens, moet op termijn het opstellen van bodemvochtigheidskaarten mogelijk maken die rekening houden met de plaatselijke variabiliteit. Het project onderzoekt allerhande zones in België met telkens een ander bodemtype en een andere topografie. Het is de bedoeling om kaarten te maken die Belgische en internationale overheidsinstanties, of particuliere organisaties zoals verzekeringsmaatschappijen of landbouworganisaties kant en klaar kunnen gebruiken.

HYPERSPECTRAAL EN HYPERSPATIAAL

Het **HYPERMIX**-project boog zich over een fundamenteel probleem met teledetectie: wanneer ingenieurs een satellietensor ontwerpen, moeten ze een compromis maken tussen spatiale en spectrale resolutie door de signaalruisverhouding (de verhouding tussen nuttige en niet-relevante informatie) te optimaliseren. Die verhouding is een indicator voor de kwaliteit van de beeldregistratie. De Hyperion-satelliet-sensor heeft bijvoorbeeld de hoogste spectrale resolutie die momenteel vanuit de ruimte beschikbaar is (220 spectraalbanden), maar zijn spatiale resolutie bedraagt slechts 30 meter. Andere sensoren zoals Pléiades, QuickBird of WorldView-2 bieden dan weer een heel hoge spatiale resolutie (ongeveer 50 centimeter panchromatisch en 2 meter multispectraal), maar hun spectrale resolutie ligt een heel stuk lager (4 tot 8 spectraalbanden). Hyperspectrale sensoren aan boord van vliegtuigen zoals APEX combineren vaak de voordelen van een ongeëvenaarde spectrale resolutie en van een heel goede spatiale resolutie (0,5 tot 7 meter), maar hun gezichtsveld is dan weer beperkt.

Heel wat toepassingen zoals de gedetailleerde cartografie van de bodembedekking, de studie van de dynamiek en de toestand van de vegetatie, vergen gedetailleerde spatiale en spectrale informatie. Het onderzoeksteam heeft methodes ontwikkeld om hyperspectrale en hyperspatiale gegevens samen te voegen om een product te genereren met de kwaliteit van beide. Het product werd getest op citrusplantages in de buurt van de Spaanse stad Valencia en op boomgaarden in het Limburgse Loksbergen.



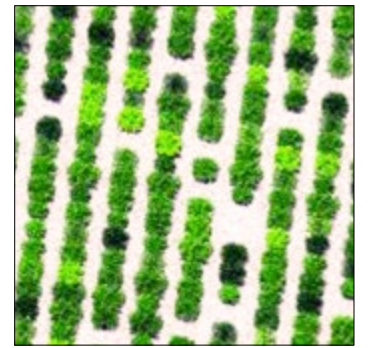
Hoge ruimtelijke resolutie

+



Hoge spectrale resolutie

=



Hoge ruimtelijke en spectrale resolutie

Een beeld met 215 spectraalbanden en een resolutie van 2 meter, gemaakt met de APEX sensor, werd samengevoegd met een beeld met 3 spectraalbanden en een resolutie van 20 centimeter, gemaakt met een microdrone. Dit leverde een beeld op met 215 spectraalbanden en een resolutie van 20 centimeter. Uit dit fusieproduct konden nauwkeuriger bepalingen van biofysische parameters (bladgroenconcentratie, vochtgehalte enz.) van de fruitbomen worden afgeleid. Het niveau van de waterstress bij bomen – een parameter die de kwaliteit van het fruit rechtstreeks beïnvloedt – kon uiterst nauwkeurig in kaart worden gebracht. Er werden ook tests op een virtuele boomgaard uitgevoerd in een omgeving met gesimuleerde omstandigheden. De vooruitgang die op het vlak van methodologie werd geboekt, werd ter beschikking gesteld van wetenschappers actief in het domein van teledetectie.

De fotochemische reflectantie-index PRI vertaalt de variabiliteit van plantengezondheid in en tussen percelen, waardoor bijvoorbeeld precies de waterbehoefte van elk perceel kan worden bepaald.

Citrusboomgaard bij Valencia, Spanje, overvlogen door een drone met een hyper-spectrale sensor.



STADSONTWIKKELING EN MENSELIJKE UITDAGINGEN



Steden worden steeds complexer, wat heel wat uitdagingen met zich meebrengt. Om hierop een antwoord te vinden wordt teledetectie op alle fronten ingezet. Teledetectie helpt om de nodige informatie bij te werken, om diagnose-instrumenten te verbeteren en om nieuwe indicatoren voor levenskwaliteit te ontwikkelen.

In 2008 woonden op onze planeet voor het eerst meer mensen in steden dan op het platteland. Het aantal stedelingen ging van één op tien in 1990 naar één op twee vandaag. In 1970 waren Tokio en New York de enige agglomeraties met meer dan tien miljoen inwoners. Sindsdien is het aantal megapolissen vertienvoudigd en blijft hun aantal vooral in ontwikkelingslanden toenemen. Er zijn honderden steden met meer dan één miljoen inwoners, vooral in West-Europa, waar meer dan twee op drie mensen in steden wonen. De stad staat dan ook voor belangrijke uitdagingen op het vlak van duurzaamheid en moet een evenwicht vinden tussen sociale cohesie, economische groei en milieubescherming. Stadsbeheer evolueert voortdurend en teledetectie blijkt hiervoor een uiterst nuttig instrument te zijn.

DE STEDELIJKE DYNAMIEK BETER BEGRIJPEN

Een stad verandert bijna constant. De buitengrenzen dijen onophoudelijk uit en binnen de stad volgen reorganisatie van wijken, nieuwbouwprojecten en de aanleg van groenvoorzieningen elkaar in ijlt tempo op. Al deze aanpassingen beïnvloeden het menselijke en het natuurlijke leefmilieu. Om de levenskwaliteit van zijn inwoners te bewaren moet het stadsbestuur zicht hebben op de oorzaken, de volgorde en de gevolgen van deze dynamiek. Verschillende onderzoeksprojecten hebben deze problematiek bestudeerd. Ze deden hierbij beroep op de alsmaar gedetailleerdere ruimtelijke en temporele informatie afkomstig van teledetectie.

Het **MAMUD**-project gebruikte beelden met een hoge resolutie en tijdreeksen met een gemiddelde resolutie om de invloed te meten

van de stadsuitbreiding op de structuur van het landschap en op de toegankelijkheid van de groenzones voor de inwoners. De methoden werden ontwikkeld en getest voor Dublin en Istanbul, twee steden die enorm zijn gegroeid. In Istanbul is dit te wijten aan de instroom van het Turkse platteland die nu al meer dan een halve eeuw aan de gang is, terwijl het in Dublin het gevolg was van de sterke economische groei van het begin van de jaren 1990 tot de financiële crisis in 2008.

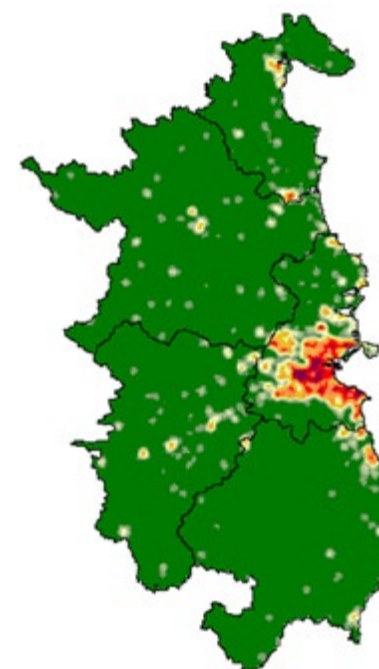
Een ander project, **VALI-URB**, onderzocht hoe beelden met hoge en zeer hoge resolutie de typering van het stedelijk weefsel en de veranderingen die het ondergaat, kon verbeteren. De studie spitste zich toe op de evolutie in de stad en

stadsrand van de bebouwde oppervlakte en van de vegetatie. Beide zijn in een broos evenwicht dat voortdurend moet worden gemonitord.

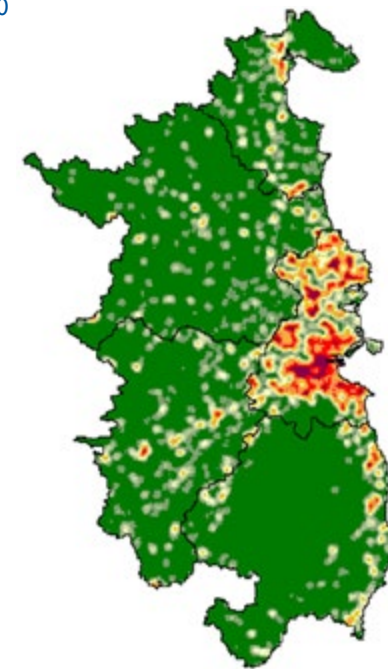
NAAR EEN NAUWKEURIGER MODEL

Stadsbeheer steunt vaak op modellen die de waarschijnlijke evolutie simuleren. De Europese Commissie en belangrijke Europese instanties zoals het Europees Milieuagentschap gebruiken ze om de impact van nieuwe richtlijnen en aanbevelingen in te schatten. Door informatie over het grondgebruik in steden te verfijnen aan de hand van satellietgegevens, is het **MAMUD**-project erin geslaagd om niet alleen de bestaande kaarten, maar ook het **MOLAND**-model voor stedelijke ontwikkeling dat sinds 2002 in gebruik is, te verbeteren.

2010



2050

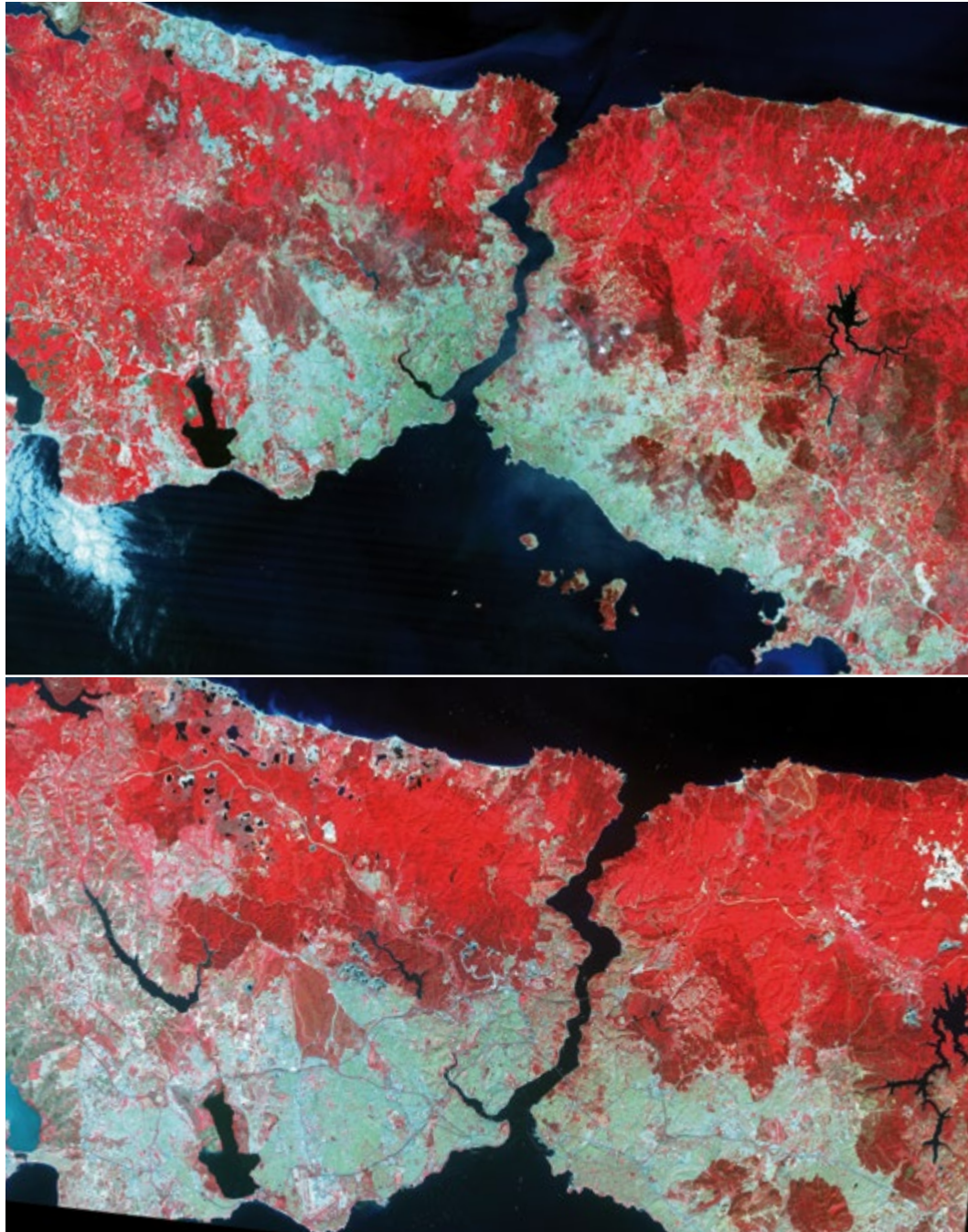


Verstedelijkingsgraad van Dublin in 2010 en voorspelling voor 2050.

Dit artikel is gebaseerd op de onderzoeksprojecten

MAMUD
ASIMUD
VALI-URB
BIOHYPE

Satellietbeelden van Istanbul in 1990 (bovenaan: Landsat 5-beeld met een resolutie van 30 m) en 2009 (onderaan: SPOT 5-beeld met een resolutie van 10 m). Op deze valsekleurenbeelden is de stadsuitbreiding goed zichtbaar in grijsgroen.



Een dergelijk model heeft nood aan sociaaleconomische parameters, informatie over topografie en wegeninfrastructuur, maar daarnaast ook aan gedetailleerde ruimtelijke gegevens over het gebruik van de stedelijke ruimte. Satellietbeelden zijn hierbij heel nuttig, ook al kan het grondgebruik niet rechtstreeks uit de spectrale metingen worden afgeleid. Daarom werd een methode ontwikkeld om het grondgebruik af te leiden uit stadsvormen aan de hand van kaarten, opgemaakt op basis van satellietbeelden, die de structuur en de dichtheid van de bebouwing weergeven. Met deze informatie kan vervolgens het MOLAND-model worden geijkt: de parameters worden bijgesteld om een perfecte overeenkomst te krijgen tussen het voorspelde grondgebruik en het grondgebruik dat daadwerkelijk door teledetectie is waargenomen.

Het vervolgproject **ASIMUD** bestudeert de onzekerheidsgraad van de voorspellingen. Die

vloeit voort uit de onzekerheden die betrekking hebben op de uitgangsparameters en op de referentiegegevens die bij het ijken worden gebruikt. De onderzoekers hebben een automatische ijkingsmethode ontwikkeld die bij elke stap van de simulatieprocedure gebruik maakt van recente satellietgegevens over het grondgebruik. Om het heel eenvoudig uit te drukken: het team heeft aangetoond dat het voorspellingsmodel betere resultaten oplevert door een aantal reële gegevens te integreren. Op die manier kan het bevestigde gegevens valideren en andere schrappen, waardoor de onzekerheidsgraad van de voorspelling afneemt. Het ontwikkelde algoritme werd ter beschikking gesteld van potentiële gebruikers in de vorm van programmeerscripts (in de programmeertaal Python) onder Open Source-licentie. Onder meer het Ruimte Model Vlaanderen maakt gebruik van deze nieuwe ontwikkelingen. Verschillende Vlaamse instanties (Agentschap

voor Natuur en Bos, Vlaamse Milieu maatschappij, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek) gebruiken het grondgebruikmodel als beleidsondersteunend instrument.

ONDOORDRINGBARE PIXELS

Het grootschalige **MAMUD**-project onderzoekt ook de impact van de stedelijke ontwikkeling op de waterhuishouding. De aanleg van gebouwen en stedelijke voorzieningen (zoals parkeerterreinen, geasfalteerde wegen enz.) vermindert het waterdoorlatend vermogen van het stedelijk gebied sterk. Door de bodem steeds meer af te dichten, kan het regenwater niet langer normaal in de bodem infiltreren en spoelt het versneld weg. Hierdoor neemt het overstromingsrisico bij hevige regenval toe. Liefst drie rivieren stromen door Dublin. De stad krijgt regelmatig af te rekenen met overstromingen die heel gevaarlijk zijn voor de inwoners en die grote materiële schade veroorzaken.

Het erg kwetsbare stroomgebied van de Tolka-rivier in het noorden van de stad deed dienst als onderzoeksgebied. Met de hulp van het stadsbestuur van Dublin en van het Trinity College, hebben de onderzoekers aan de hand van tijdreeksen van satellietbeelden voor 1988 en 2001 gedetailleerde kaarten van de afvloeiingscoëfficiënt in het stroomgebied kunnen opmaken. Wanneer we de beide kaarten naast elkaar leggen, valt op hoe sterk de toename van de ondoordringbare oppervlakken met een hoge coëfficiënt is, wat het verstedelijkingsfenomeen in die periode perfect illustreert. Op basis hiervan hebben de onderzoekers een model



ontwikkeld om overstromingen te voorspellen. Het houdt niet alleen rekening met gegevens als regen en debiet, maar ook met de uitbreiding van de verschillende vormen van landgebruik (bewoning, winkelcentra, industrie, recreatie enz.). Dit soort instrumenten helpt de overheid bij het uitstippelen van beleidsmaatregelen en bij het nemen van beslissingen op het vlak van ruimtelijke ordening die de veiligheid verhogen.

PLÉIADES — NOOIT GEZIENE MOGELIJKHEDEN VOOR STADSCARTOGRAFIE

Al snel na hun lancering stuurden de Pléiadessatellieten beelden door die voor heel wat onderzoeksprojecten nuttig bleken te zijn. De tweelingsatellieten Pléiades 1A en 1B, die respectievelijk in december 2011 en 2012 werden gelanceerd, vormen een nieuwe constellatie die de diensten van de SPOT-satellieten aanvult. Vanuit hun baan op 694 km hoogte boven de aarde kunnen de Pléiades-satellieten tot 1.000 opnamen per dag maken, en elke dag opnieuw dezelfde plaatsen overvliegen. Deze lichte en wendbare satellieten kunnen om hun eigen as draaien om vanuit een ander camerastandpunt opnames te maken. Dit laat toe om stereoscopische beelden te verzamelen waarmee het reliëf van een terrein in kaart kan worden gebracht. En hoewel hun gezichtsveld kleiner is dan dat van de SPOT-satellieten, halen ze dan weer een ruimtelijke resolutie van 50 cm waardoor sterk op het onderzochte gebied kan worden ingezoomd. Nauwkeurigheid, herhaalbaarheid en stereoscopie: dat zijn de troeven die de Pléiades-beelden in huis hebben om het uiterst heterogene en vaak veranderende stadswefsel in kaart te brengen.

De Pléiadessatellieten werden onder leiding van het Franse Ruimtevaartagentschap CNES ontwikkeld, maar België is een van de belangrijkste partnerlanden van het programma. Als tegenprestatie voor zijn deelname mag het Federaal Wetenschapsbeleid een quotum beelden tegen voorkeurtarief aanbieden aan gebruikers die in België zijn gevestigd en die een openbare taak vervullen. Die kunnen ze dan gebruiken om hen te helpen bij het vervullen van die opdracht, of voor andere niet-commerciële doeleinden. Hiervoor heeft het Federaal Wetenschapsbeleid onder de naam Belgian Pléiades Archive een systeem opgezet om gegevens van de Pléiades-satellieten te verspreiden en te archiveren.

Wenst u meer informatie? Bezoek dan de portaalsite **Belgian Pléiades Archive: pleiades.belspo.be**



EEN AANGESLOTEN GROEN NETWERK

Om een degelijk beleid te kunnen voeren op het vlak van ruimtelijke ordening en milieu – twee materies die nauw met elkaar verbonden zijn – heb je goede beleidsondersteunende instrumenten nodig. In lijn met de gemeenschappelijke inspanningen op het vlak van een ‘groen’ en duurzaam beheer, verbinden steden zich ertoe om een aantal lokale en Europese voorschriften in acht te nemen zoals de Habitat-richtlijn, de pan-Europese strategie voor de biologische en landschappelijke diversiteit enz.

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest wil het groene netwerk in de stad beschermen en in stand houden. Groenzones in een stad vervullen immers tal van functies: ze tomen de vervuiling in, ze werken de infiltratie van water in de hand, ze zorgen voor zuivere lucht in dichtbevolkte steden en als ze met elkaar in verbinding staan, vormen ze aaneengesloten ecologische corridors voor plant- en diersoorten tussen de groenzones in de stad en in de rand.

Om actuele informatie over deze corridors te vergaren zoekt het **VALI-URB**-project naar een manier om alle Brusselse groenzones te karakteriseren en te inventariseren. Het gaat hierbij niet alleen om publieke ruimten, maar ook om minder toegankelijke landschapselementen zoals groendaken, privaatwegjes, tuinen of parken binnen woonblokken. Satellietbeelden brengen alle groenzones in de stad in beeld, ook de minder toegankelijke. De recentste satellieten zoals Pléiades leveren grootschalige beelden op met een resolutie van 50 centimeter. Die laten toe om een nauwkeurige cartografische inventaris

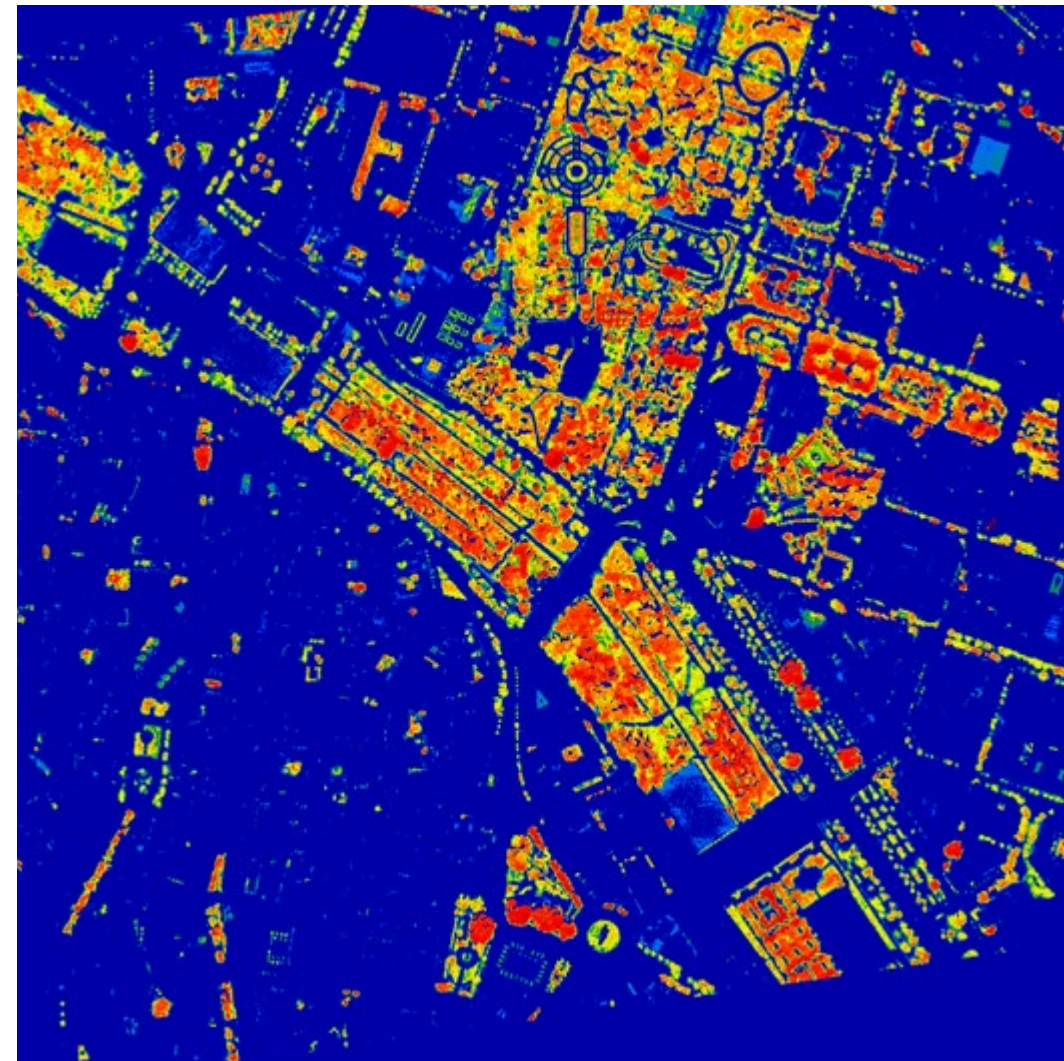
op te stellen en om veranderingen te analyseren. Door satellietgegevens van verschillende schalen te vergelijken met bestaande topografische kaarten zijn de onderzoekers erin geslaagd om een methode te ontwikkelen die de corridors op een robuuste en reproduceerbare manier in kaart brengt. Deze methode is in Brussel ontwikkeld en vervolgens toegepast en getest in Straatsburg en Rennes, twee middelgrote Franse steden. Dit gebeurde in samenwerking met plaatselijke universiteiten en met lokale overheden die belangstelling toonden voor de resultaten met het oog op het uitstippelen van een beleid voor hun stad.

VEGETATIE ALS BEWAKER VAN DE LUCHTKWALITEIT

De luchtkwaliteit is een andere grote uitdaging voor steden. Ze wordt beïnvloed door de aanleg van straten en door het verkeer. De gebruikelijke indexen voor de luchtkwaliteit worden berekend op basis van de concentraties van verschillende luchtverontreinigende stoffen die elk afzonderlijk worden gemeten (CO₂, NO₂, SO₂, ozon enz.).

Om tot een meer geïntegreerde aanpak te komen, onderzoekt het **BIOHYPE**-project de vegetatie in de stad die voortdurend aan al deze verontreinigende stoffen is blootgesteld. Vervuilde bladeren die al deze stoffen een heel groeiseizoen lang hebben opgestapeld, weerspiegelen het licht niet op dezelfde manier als gezonde, niet gestresseerde bladeren. Onderzoek van de vegetatie met behulp van teledetectie kan een goede indicatie geven over de vervuilingsgraad, net zoals een gestikte kanarie in de koolmijn wees op zuurstofgebrek.

Opmeting van de chlorofyl-fluorescentie veroorzaakt door zonnestraling met behulp van een draagbare spectrometer.

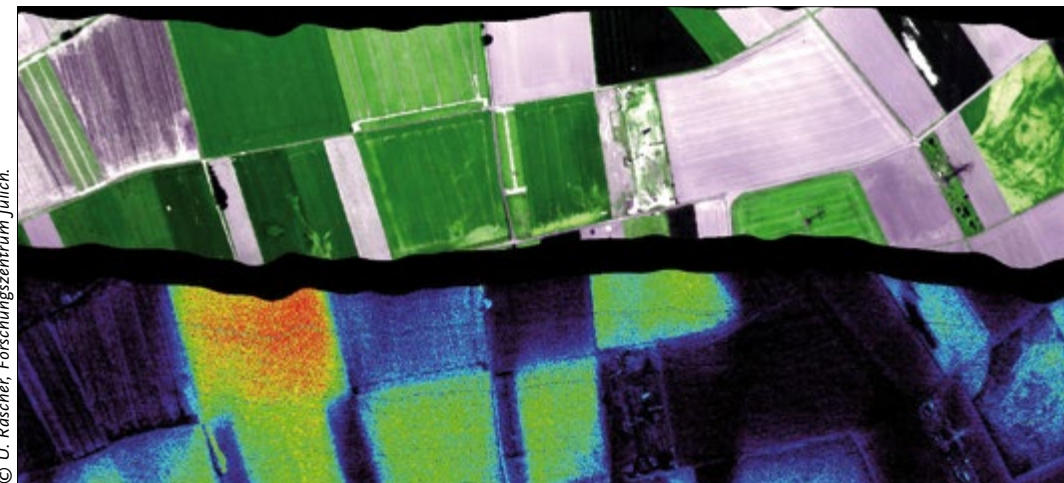


Door de waarden van een vegetatie-index (gebaseerd op hyperspectrale data) in kleur weer te geven, kunnen in Valencia afzonderlijke bomen getoond worden.

FLUORESCENTIE IS DE RELEVANTE INDICATOR

Het project werd uitgevoerd in samenwerking met de Universiteit van Valencia, en had Gent en Valencia als studiegebieden. Vier boomsoorten werden uitgekozen die in de straten van Valencia vaak voorkomen. Stalen van bomen uit straten met druk verkeer werden onderzocht en vergeleken met stalen van bomen uit verkeersluwe zones. Zowel op het terrein als met een spectrometer aan boord van een vliegtuig werd een volledige reeks reflectiometingen uitgevoerd. Naast het weerkaatste zonlicht sturen planten ook een zwakke straling uit: de

bladgroen-fluorescentie. Onderzoekers hebben kunnen aantonen dat deze bladgroenfluorescentie varieerde afhankelijk van de drukte van het verkeer in de stad. De eerste resultaten lijken erop te wijzen dat fluorescentie een interessante indicator voor vervuiling kan zijn die bijvoorbeeld kan helpen bij het uitstippelen van een beleid om de inwoners te beschermen en om de impact van genomen maatregelen te beoordelen. Het Europese Ruimtevaartagentschap plant met de lancering van de FLEX- of *Fluorescence Explorer*-satelliet overigens een missie die specifiek in het teken staat van fluorescentie.



Fluorescentie van verschillende vegetatietypes, een opname van de vliegtuig-sensor Hyplant ter voorbereiding van de FLEX-missie van ESA.

BOSSEN: LEVENSBELANGRIJK ERFGOED DAT MOET WORDEN BESCHERMD

Hoe kunnen we bossen beschermen?

Hoe kunnen we internationale
inspanningen steunen om ontbossing
een halt toe te roepen?

Welke instrumenten moeten we
ontwikkelen om bossen duurzaam te
beheren? Onderzoek in het domein
van teledetectie buigt zich over deze
levensbelangrijke vragen.

Bossen beslaan een oppervlakte van meer dan 4 miljard hectaren of bijna een derde van het landoppervlak op onze planeet. Hoewel slechts 300 miljoen mensen in bossen wonen, is bijna een kwart van de wereldbevolking – of 1,6 miljard mensen – voor hun bestaan afhankelijk van bosproducten. Dit uitzonderlijke milieu vervult tal van functies en dat zet de internationale gemeenschap aan om de bosrijdommen duurzaam te gaan beheren.

Op economisch vlak levert de exploitatie van bossen elk jaar meer dan 3 miljard m³ hout op alsook grondstoffen voor een belangrijke handel in andere producten zoals vis, wild, rotan, bamboe, kurk, hars, noten, essentiële oliën, honing enz. Bossen vervullen ook een heel belangrijke sociale functie: ze worden dagelijks gebruikt voor vrije-tijdsactiviteiten, recreatie, toerisme, onderwijs en de instandhouding van het erfgoed. Bovenal zijn ze een favoriet raakvlak tussen mens en natuur.

Groeiende bossen verwijderen stofdeeltjes en produceren zuurstof, en dragen zo bij tot het zuiveren van de lucht. Ze voorkomen ook erosie door de bodem in stand te houden en

te stabiliseren. Ze zuiveren water: drie kwart van het toegankelijke zoetwater is afkomstig van stroomgebieden in bossen. Daarnaast doen bossen aan hydrologische en thermische regulering: door hun vermogen om water op te slaan, voorkomen ze overstromingen, en hun evapotranspiratie helpt bij het bevochtigen en afkoelen van de omgevingsatmosfeer. Bossen vormen tot slot ook heel afwisselende habitats voor fauna en flora, en staan in voor liefst 80% van de wereldwijde biodiversiteit.

Sinds de jaren 80 is duidelijk geworden welke cruciale rol bossen spelen in de (de)regulering van het klimaat. Boscossystemen – niet alleen levende biomassa maar ook dood hout en de bosbodem – houden meer dan 650 miljard ton koolstof vast; dit is meer dan alle koolstof aanwezig in de atmosfeer. Door massale ontbossing, en dan vooral in de tropische regenwouden van de Amazone, Midden-Afrika en Zuidoost-Azië, komen deze koolstofvoorraden vrij, wat leidt tot een toename van de broeikasgassen in de atmosfeer en dus klimaatverandering.

Onder de auspiciën van de Verenigde Naties zag in 2008 het REDD-initiatief het daglicht. Doel is een afname van de uitstoot van broeikasgassen ten gevolge van ontbossing en bosdegradatie in ontwikkelingslanden, en ze doen dit door de betrokken landen aan te sporen om hun tropische bossen in stand te houden. REDD geeft ontwikkelingslanden die het ontbossen stopzetten of verminderen, financiële compensaties om de gemiste inkomsten op te vangen. Het REDD-programma werd al snel uitgebreid tot REDD+ met aandacht voor duurzaam bosbeheer en maatregelen om de koolstofvoorraden in de bossen in stand te houden en

uit te breiden door bossen te herstellen of door nieuwe bossen aan te planten. Deze initiatieven kaderen in de bereidheid die de internationale gemeenschap aan de dag legt om ontbossing tegen te gaan (elk jaar ongeveer 13 miljoen hectare of tweemaal de oppervlakte van Ierland) en alle weldadige invloeden van bossen duurzaam te beschermen.

Onderzoek met behulp van aardobservatie levert hieraan een belangrijke bijdrage door de ontwikkeling van betere evaluatie- en monitoring-instrumenten. Sommige waarnemingen gebeuren op wereldschaal: koolstofbalans, grote veranderingen in het bladerdek, productiviteit enz. Andere zijn net erg lokaal: omvang, samenstelling, structuur en gezondheidstoestand van het bosbestand.



Dit artikel is gebaseerd
op de onderzoeksprojecten

VEGECLIM
UNESCO-WATCH
FOMO
GRAZEO
HYPERFOREST
ECOSEG

Netwerken van “fluxstorens” leveren metingen van de hoeveelheid koolstof die wordt uitgewisseld tussen een ecosysteem (hier het Amazoneregenwoud) en de atmosfeer. Aan de hand van deze metingen in combinatie met andere gegevens, kan het CO₂-gehalte van een bos continu worden opgevolgd.



KOOLSTOFPUTTEN OF -BRONNEN?

Om de programma's voor het terugdringen van broeikasgassen te ondersteunen, is het van groot belang om de dynamiek van de vegetatie en van de bijbehorende koolstoffluxen te kwantificeren en te voorspellen. Vegetatie is een essentiële koolstofput. Via fotosynthese neemt ze CO₂ uit de atmosfeer op om organisch materiaal te produceren; tegelijkertijd verlaagt ze zo de concentratie aan broeikasgassen die voor de klimaatverandering verantwoordelijk zijn. Menselijk ingrijpen keert dit proces echter om. Ontbossing en degradatie van bossen is een van de belangrijkste oorzaken waardoor koolstofputten veranderen in koolstofbronnen. Aangestoken branden, het niet-duurzaam beheren van bossen, het veranderen van de bestemming van bossen, weiden, landbouwgronden en allerhande infrastructuurwerken zijn verantwoordelijk voor ongeveer 20% van de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen. Dit is evenveel als de hele transportsector.

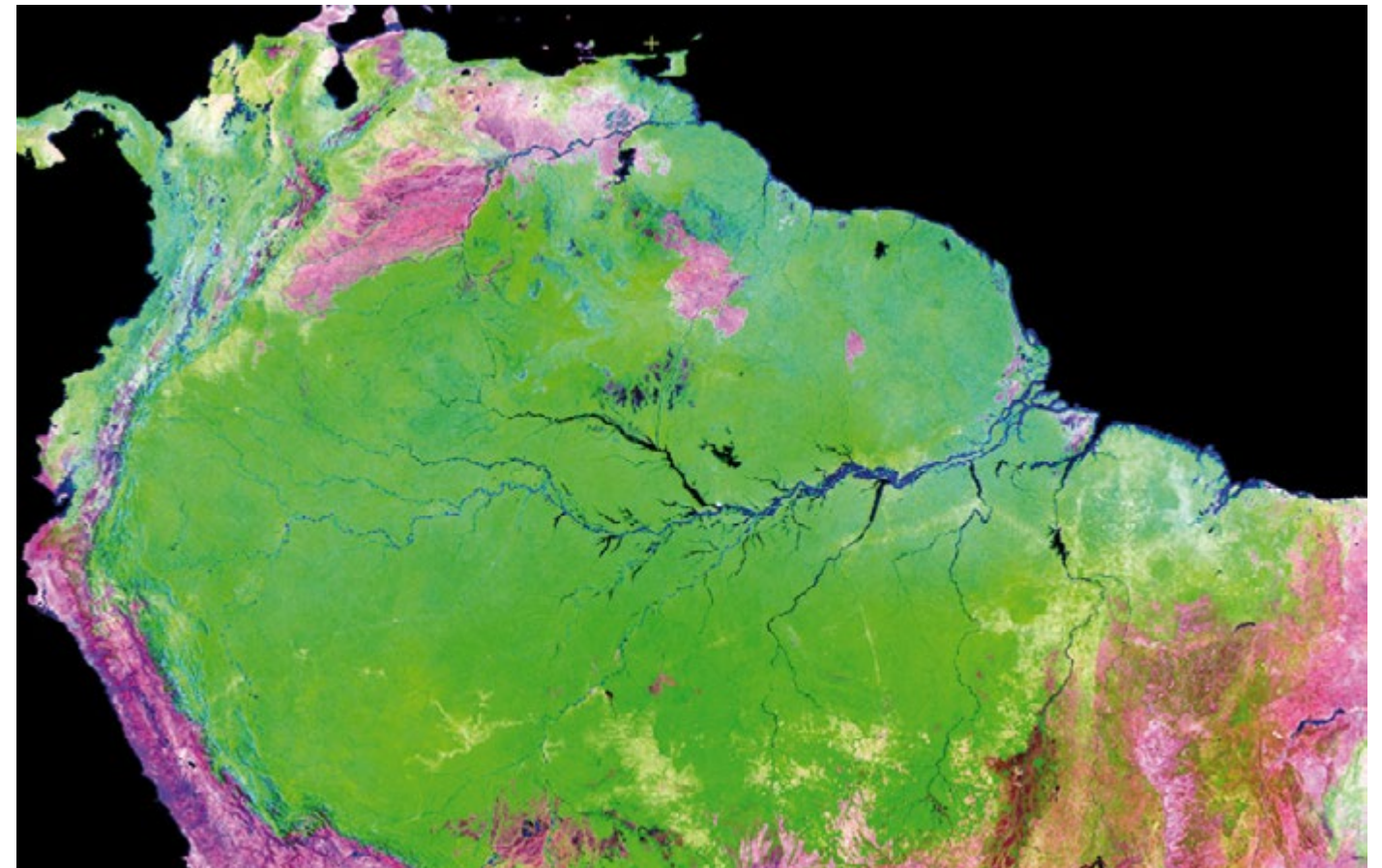
Hoewel deze antropogene verstoringen een ingrijpend effect hebben, werd er tot dusver weinig of geen rekening mee gehouden in koolstofcyclusmodellen zoals het ORCHIDEE-model. Dit globale dynamische model van de continentale biosfeer houdt rekening met biofysische, biogeochemische en ecologische processen. Daarnaast neemt het ook de CO₂- en energiestromen tussen de bodem en atmosfeer en bepaalde hydrologische elementen in aanmerking. Het wordt toegepast in grote klimaatmodellen die door het IPCC (de werkgroep voor klimaatverandering) of door het REDD-programma worden gebruikt. Naast de antropogene verstoringen moeten ook de seizoensgebonden en meerjarige variaties in de koolstofstromen op schaal van de tropische gebieden nauwkeuriger worden gedefinieerd.

Het **VEGECLIM**-project wil de voorspelling van de koolstofcyclus in de tropische gebieden verbeteren door op een dynamische manier de kenmerken van het terrestrische aardoppervlak (soort vegetatie, evolutie op seizoens- en jaarbasis, zones gekenmerkt door droogte, kap, branden enz.) in het globale ORCHIDEE-model te integreren. Het doet hiervoor een beroep op tien jaar aan tijdreeksen van SPOT VEGETATION-beelden. De belangrijkste vernieuwing van dit grootschalige, vijf jaar durende project is de nauwe samenwerking die tot stand kwam tussen onderzoekers op het gebied van aardobservatie en deskundigen in het modelleren van het aardoppervlak.

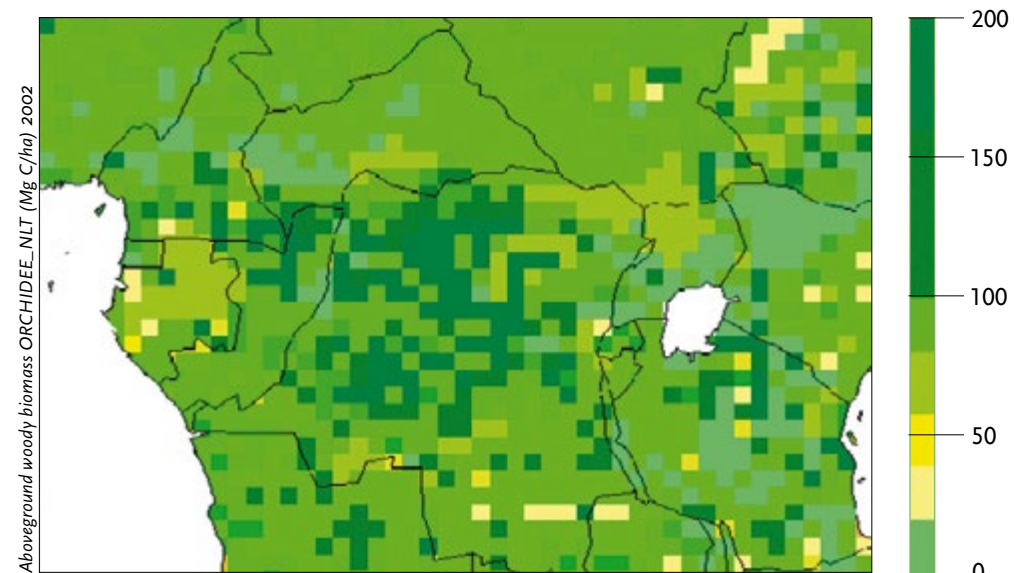
Gewoonlijk worden globale of regionale modellen gestoffeerd met informatie afkomstig van bestaande kaarten, terreingegevens, klimaatgegevens of satellietgegevens met een lage resolutie (4 kilometer). Het gaat hierbij meestal om statische informatie (een momentopname). De onderzoekers voegden aan het ORCHIDEE-model een tijddimensie en nauwkeuriger bodembedekkingsclassificaties toe, afgeleid van SPOT VEGETATION-beelden met 1-kilometerresolutie. Hierdoor konden ze de schattingen verbeteren van de effectieve koolstofputten en koolstofstromen in de Amazone- en Congobekkens.

Ze hebben het model getest met de resultaten van ontbossingssimulaties voor de Democratische Republiek Congo (DRC) om projecties te maken van de evolutie van de koolstofputten en -stromen tot in 2035, en dit met uiteenlopende klimaatscenario's. De vooruitgang die met het **VEGECLIM**-project is geboekt, moet het mogelijk maken om na te gaan of de koolstofbalans van de DRC negatief blijft of positief wordt, waardoor de DRC van een koolstofput zou evolueren naar een koolstofbron. Het oerwoud in Midden-Afrika – het grootste tropische bosmassief na het Amazonewoud – is tot dusver relatief intact gebleven, maar wordt steeds meer bedreigd door aantasting en ontbossing, vooral voor industriële exploitatie. De resultaten van het project zullen gebruikt worden bij het uitstippelen van het beste beleid inzake REDD+, en ook andere strategieën tegen klimaatverandering zullen er baat bij hebben. Eens het model voor bodembedekkingsverandering is geoptimaliseerd, kan het onderzoek bovendien worden uitgebreid tot het hele Congobekken.

Naast deze resultaten werden nog twee globale producten ter beschikking gesteld van de wetenschappelijke gemeenschap: een meerjarige kaart van de bodembedekking en een referentiedatabank van de fenologie van het bladerdek. Bovendien werd een wereldkaart gemaakt van alle bossen en gebruikt als blikvanger bij een publiekstentoonstelling die de aandacht wou vestigen op het belang, maar ook op de kwetsbaarheid van de bossen.



Valsekleurencompositie van de stroomgebieden van de Amazone en de Congo, op basis van dagelijkse SPOT VEGETATION-beelden. De kaart onderaan toont de schatting van het ORCHIDEE-model van de houtachtige biomassa (stammen, takken, bladeren, ...) in het Congobekken, uitgedrukt in Mg C/ha.





DE TENTOONSTELLING *IMAGING THE WORLD'S FORESTS*

Naar aanleiding van het Internationaal Jaar van het Bos in 2011 organiseerde het Federaal Wetenschapsbeleid samen met VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek) en de Université catholique de Louvain de reizende tentoonstelling *Imaging the world's forests*. De tentoonstelling wil het publiek vertrouwd maken met het nut van aardobservatie via satellieten voor het beheer en de instandhouding van bossen wereldwijd. Een opmerkelijke reeks satellietbeelden toont duidelijk aan met welke uitdagingen we vandaag te kampen hebben: ontbossing en herbebossing, bos- en savannebranden, bedreigde mangrovewouden enz. Aan de hand van beelden die SPOT VEGETATION tien jaar lang tussen 2000 en 2010 heeft opgenomen, werd een wereldboskaart gemaakt met daarop alle bossen ingedeeld volgens zeven hoofdtypen. De tentoonstelling deed Leuven, Brussel, Bergen en Charleroi en alle regionale centra voor milieu-initiatie in het Waals Gewest aan. De tentoonstelling is nu nog te zien in het Euro Space Center in Transinne en online op de website eoedu.belspo.be/forests.



UNESCO HELPEN BIJ HET TOEZICHT OP TROPISCHE BOSSEN

Tropische bossen hebben een onschatbare natuurlijke en culturele waarde. Naast de essentiële rol die ze vervullen bij het regelen van het klimaat en bij de watercyclus, vormen ze een unieke bron van biodiversiteit. Alleen al in het tropische regenwoud vindt meer dan de helft van alle planten- en diersoorten op onze planeet een onderkomen. Om deze uitzonderlijke rijkdom in stand te houden, heeft de Unesco al meer dan tachtig sites, die hoofdzakelijk uit tropisch regenwoud bestaan, als werelderfgoed erkend. De Werelderfgoedcommissie beslist niet alleen om een site te erkennen, maar moet ook de conserveringsstatus nagaan om maatregelen te kunnen nemen indien de site bedreigd wordt. De jaarlijkse evaluatie van de behoudsstatus van al deze sites is echter een hele opgave omdat ze vaak heel uitgestrekt en ontoegankelijk zijn. In 2013 is de Commissie er bijvoorbeeld maar in geslaagd om 18% van alle als werelderfgoed erkende sites te evalueren.

Om dit waardevolle patrimonium zo goed mogelijk te beheren en te beschermen, heeft de Unesco semiautomatische instrumenten nodig om veranderingen op te sporen. De uitdaging voor het **UNESCO-WATCH**-project bestaat erin om op basis van satellietbeelden een bruikbare

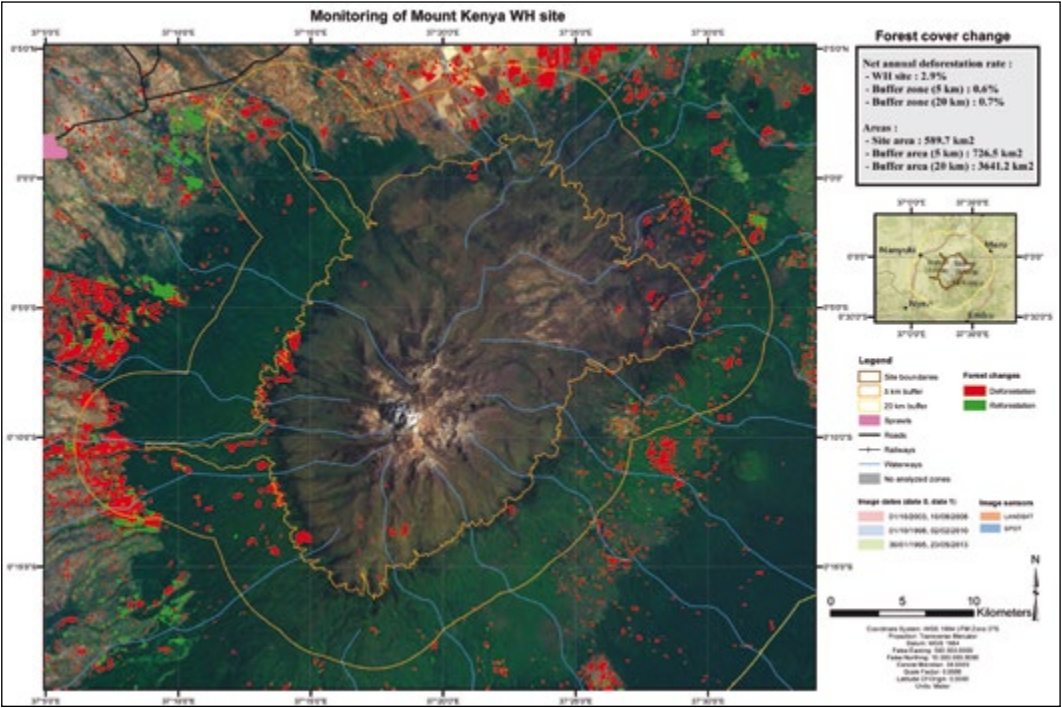


De tropische regenwouden van Sumatra in Indonesië behoren tot de bedreigde boserfgoedsites. Op dit SPOT-beeld kan je duidelijk zien dat ontbossing, die al fel aanwezig is in de bufferzone, aan de grenzen van de site begint te knabbelen.

methode te ontwikkelen die op regelmatige intervallen de staat van conservering van de tropische regenwouden die als werelderfgoed zijn erkend kan evalueren. Om de externe druk te onderzoeken die op deze sites wordt uitgeoefend, wordt rond de beschermde site een bufferzone van 20 km afgebakend. De monitoring van deze bufferzone laat ook toe om de impact na te gaan van de beschermingsmaatregelen die in de directe omgeving van de betrokken zone worden genomen.

De onderzoekers hebben 15 testsites geselecteerd die allemaal verschillen qua vegetatie (van mangroves tot bergbossen), omvang (van 150.000 tot meer dan 5 miljoen hectare) en geografische ligging (verspreid over de volledige tropische gordel). De oppervlakte van de onderzochte sites is in totaal vijf keer zo groot als België. De geselecteerde sites hebben één ding gemeen: hun uitzonderlijke biodiversiteit. Sommige sites vormen de habitat van emblematische diersoorten zoals de reuzenpanda in Sichuan (China), de jaguar in Calakmul (Mexico) of de gorilla's in het Virungapark (DRC).

Voorbeeld van een interactief pdf-bestand dat aan de beheerders van erfgoedsites wordt geleverd. Voor de site van Mount Kenya zijn ontboste gebieden rood gekleurd, herbeboste gebieden groen, de grens van het erfgoed is donkerbruin, en die van de bufferzone (5 km) lichtbruin.



Tijdens het onderzoek werd een groot aantal beelden geanalyseerd die de Landsat- (resolutie van 30 meter) en de SPOT HR-camera's (10 meter) hadden gemaakt op drie verschillende tijdstippen: in 1990, 2000 en 2010. De originele beeldverwerkingsmethode bestond erin om verwante pixels met vergelijkbare kenmerken – ook wel ‘objecten’ genoemd – samen te brengen. Deze objecten hebben een gemiddelde oppervlakte van één hectare. Het opsporen van veranderingen gebeurt aan de hand van zichtbare veranderingen binnen dergelijk objecten en niet langer per pixel. Deze aanpak laat toe om rekening te houden met de context rond elke pixel en draagt bij tot een betere karakterisering van de veranderingsdynamiek.

Als prototype werden kaarten van de twaalf geselecteerde sites gemaakt in de vorm van interactieve pdf-bestanden die zowel door de Unesco als door de plaatselijke beheerders gemakkelijk te gebruiken zijn.

Deze kaarten maken het mogelijk om veranderingen in de vegetatie – zowel in negatieve (ontbossing, degradatie) als in positieve zin (herbebossing, regeneratie) – binnen de beschermde zone zichtbaar te maken. Tegelijk kunnen ook mogelijke bedreigingen die aan de rand van de zone ontstaan (rooien, ontbossing, uitbreiding van het landbouwareaal enz.), in kaart worden gebracht.

In de Ecuadoriaanse Andes is ontbossing duidelijk zichtbaar in het midden van deze foto. Iets hoger zien we ook zones met dennen en eucalyptus, exotische bomen die geplant werden ten koste van het natuurlijke ecosysteem.



BOSSEN WERELDWIJD
VEGECLIM
UNESCO-WATCH
FOMO
GRAZED
HYPERFOREST
ECOSEG

ZORGEN VOOR EEN OMMEKEER: HERBEBOSSING

Bossen zijn van cruciaal belang voor alle leven. Voor de mens zijn ze een ogenschijnlijk onuitputtelijke bron van goederen en ecosysteemdiensten. Hoewel wereldwijd de vraag naar voedingsproducten leidt tot een versnelde omvorming van bossen tot landbouwgronden, breidt het bosareaal in sommige delen van de wereld uit. ‘Bostransitie’ staat voor de overgang van ontbossing naar herbebossing. Heel wat industrielanden hebben deze transitie al doorgeemaakt, maar in de meeste ontwikkelingslanden is die nog maar net of nog helemaal niet ingezet.

Het FOMO-project wil de dynamiek van deze bostransities en hun impact op ecosysteemdiensten evalueren. Het onderzoek focust op berggebieden: op dergelijke marginale gronden – weinig productief en/of moeilijk toegankelijk – worden landbouwactiviteiten sneller gestaakt en kan het bos zich herstellen. Om een vergelijkende analyse mogelijk te maken, werden drie sites met een heel verschillende geografische context uitgekozen: het Karpatengebergte in Oost-Europa, het noordelijke Andesgebergte in Ecuador en een vallei in Bhutan in het Himalayagebergte.

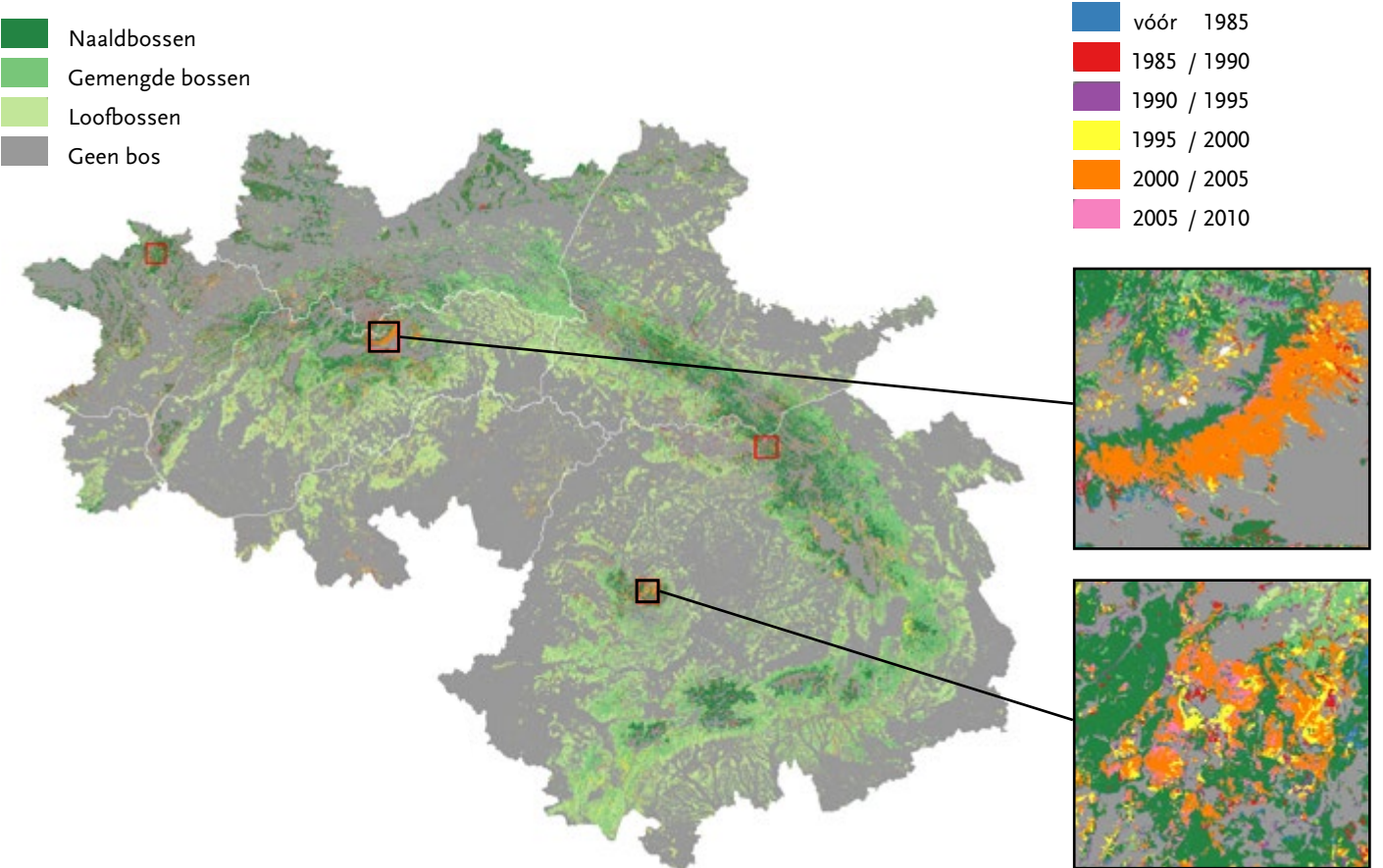
Satellietbeelden zijn een aangewezen bron van informatie bij het ontwikkelen van instrumenten om veranderingen in het bosareaal in berggebieden te monitoren. Ze leveren gedetailleerde, betrouwbare, actuele informatie op over zones die moeilijk toegankelijk zijn tegen een gunstige prijs.

Na vijf jaar heeft het onderzoek tot een belangrijke methodologische vooruitgang geleid:

- atmosferische en topografische correctie-technieken (schaduweffecten) werden geoptimaliseerd voor bergachtig terrein. Het steile, bergachtige reliëf verstoort immers de ‘leesbaarheid’ van de beelden;
- op basis van een assemblage van Landsat-beelden (met een resolutie van 30 meter) werd een procedé ontwikkeld om op grote schaal automatisch kaarten van het bosareaal aan te maken;
- nieuwe methodes werden ontwikkeld om veranderingen in het bosareaal op te sporen over korte of lange perioden.

Deze methodes maken gebruik van WorldView-2-beelden met een heel hoge resolutie en zijn voldoende nauwkeurig om boomsoorten te kunnen identificeren. In Ecuador zijn de onderzoekers er bijvoorbeeld in geslaagd om pijn- of eucalyptusbosjes op te sporen, exotische boomsoorten die werden aangeplant ten nadele van de páramo, het natuurlijke ecosysteem op deze hoogte. Deze aanplantingen kunnen rekenen op steun van de regering met het oog op een verhoging van de houtproductie en op het opslaan van koolstof in het kader van programma’s om de klimaatverandering aan te pakken. Deze voordelen gaan echter ten koste van negatieve effecten zoals de neergang van de biodiversiteit en een vermindering van het wateropslagvermogen. Dit laatste verstoort de waterdebiet-huishouding en vormt mogelijk een bedreiging voor de stabiliteit van de hellingen na de oogst.

Boskaart van het Karpatengebergte bestaande uit een mozaïek van Landsat-beelden. De inzetstukken tonen de mate van verstoring die de bossen tussen 1985 en 2010 hebben ondergaan (in het groen zie je de stabiele gebieden, de andere kleuren komen overeen met verschillende periodes van storingen).



WAT IS EEN BOS?

Volgens de definitie van de Voedsel- en Landbouworganisatie (FAO) zijn bossen 'gebieden met een kroonbedekking van meer dan 10% en een oppervlakte van meer dan 0,5 ha. De bomen moeten in volwassen staat in situ een hoogte van minstens vijf meter kunnen bereiken.' Voor primaire bossen geldt de volgende definitie: 'Bossen met inheemse boomsoorten, waar geen duidelijk zichtbare indicaties van menselijke activiteiten zijn en waar de ecologische processen niet ingrijpend verstoord worden.'

De tweede Ministeriële Conferentie ter Bescherming van de Bossen in Europa, die in 1993 in Helsinki plaatsvond, definieerde duurzaam bosbeheer als 'het rentmeesterschap en het gebruik van bossen op een dusdanige manier en snelheid dat hun biologische verscheidenheid, hun productiviteit, hun regeneratiecapaciteit, hun vitaliteit en hun vermogen om nu en in de toekomst op verschillende ruimtelijke schalen (lokaal, nationaal, mondiaal) relevante ecologische, economische en sociale functies te volbrengen, niet in het gedrang komen en dat er geen schade berokkend wordt aan andere ecosystemen.'



Het **FOMO**-project heeft verbanden aangetoond tussen de veranderingen in het bosareaal en de geleverde bosesysteemdiensten en heeft instrumenten ontwikkeld om deze verbanden op te sporen en te kwantificeren. Deze resultaten zijn een belangrijke steun voor beleidsmakers en beheerders van bosesystemen, zowel lokaal, regionaal, nationaal als globaal. Ze kunnen hen helpen om te kiezen voor exploitatiestrategieën die beter zijn afgestemd op een duurzaam beheer van de bosrijdommen.

DE SAVANNE, EEN BIJZONDER BOS

Met zijn open boom- en struikbegroeiing is de savanne een speciaal type bos waarvoor specifieke monitoringinstrumenten nodig zijn. Het **GRAZEO**-project focuste op het Krugerpark in Zuid-Afrika waar de savanne zich over een oppervlakte van meer dan twee miljoen hectare uitstrekt. Het project legt de nadruk op de structuur, de samenstelling en de kwaliteit van de natuurlijke vegetatie, factoren die bepalend zijn voor de habitat en het gedrag van de plaatselijke grote herbivoren.

GRAZEO wil in eerste instantie de modellen verbeteren die werden ontwikkeld in het kader van het EPISTIS-project (zie deel Epidemiologie, pagina 70), om in te schatten hoe groot het gevaar is dat mond- en klauwzeer wordt overgedragen tussen de wilde buffels in het natuurreservaat en het vee daarbuiten.

De hoeveelheid voeder en de kwaliteit ervan zijn bepalende parameters voor de distributie van het vee en de buffels op de weiden van de savanne. De evaluatie van deze parameters, gekoppeld aan het risico dat afsluitingen beschadigd raken, laat toe om het contactrisico tussen beide populaties beter in te schatten.

GRAZEO onderzocht hiertoe hoe WorldView-2-gegevens kunnen helpen bij de kartering van indicatoren die allemaal wijzen op de aanwezigheid van kwaliteitsvol voeder: boomsoorten (solitaire exemplaren of in bosjes), graslanden, kruidachtige vegetatie en stikstofconcentratie. Deze indicatoren worden in aangepaste modellen ingevoerd waarna diverse scenario's worden getest om hun invloed op contactrisico's na te



Het verschil tussen de vegetatiedek binnen en buiten het Krugerpark is duidelijk zichtbaar op bovenstaande foto. In het park (links) onderhouden de parkbeheerders een savannevegetatie terwijl aan de andere kant van de afsluiting de natuurlijke vegetatie intact is.

gaan. Door een beroep te doen op de voordelen van de WorldView-2-sensor, zijn de onderzoekers erin geslaagd om nieuwe methodes uit te werken om regionale gedetailleerde kaarten aan te maken voor savannegebieden, kaarten die tot dusver meestal niet beschikbaar waren. De zeer hoge ruimtelijke resolutie van de beelden (50 centimeter) is ideaal voor het afwisselende savannelandschap (graslanden wisselen af met bosjes) en is compatibel met de afstand die de dieren afleggen. De sensor heeft ook bijzondere spectrale eigenschappen: naast de gebruikelijke visuele en nabij-infrarood (NIR) spectraalbanden beschikt hij over vier extra kanalen, waaronder geel en de rode rand, die een beter onderscheid tussen bomen en gras mogelijk maken. De resultaten van het **GRAZEO**-project dienen in eerste instantie om de verspreiding van mond- en

klauwzeer in de buurt van het Krugerpark tegen te gaan. Bedoeling is de parkbeheerders te helpen bij het afbakenen van prioritaire interventiezones (vaccinatie, versterking van afsluitingen enz.). Op deze manier kunnen ze gericht de strijd aangaan met deze uiterst besmettelijke ziekte.

De resultaten zijn echter ook elders inzetbaar. De ontwikkelde methodes en producten kunnen immers in alle savanne-ecosystemen worden ingezet om regionale veranderingen te monitoren. Ze moeten het mogelijk maken om de impact van zowel plaatselijke (bodemgebruik, omvang van de veestapel en van andere dierpopulaties, broussebranden) als globale (klimaatverandering) milieufactoren op dit type ecosysteem beter te doorgronden.



POPULATIES IN 3D

Duurzaam bosbeheer is onmogelijk zonder de algemene toestand van het bos op te volgen. Bosbeheerders hebben betrouwbare en regelmatig bijgewerkte informatie nodig over belangrijke parameters zoals de diversiteit en de samenstelling van de bestanden en de vitaliteit van de bomen. Het tijdrovende en moeizame verzamelen van gegevens op het terrein zoals dat vroeger gebeurde, wordt nu meer en meer ondersteund door allerlei soorten tele-detectie-instrumenten aan boord van vliegtuigen of satellieten. Hyperspectrale beelden zijn bijvoorbeeld nuttig om boomsoorten te identificeren en om meer te weten te komen over de gezondheidstoestand van het gebladerte. Deze waarnemingen slaan echter alleen op het bovenste gedeelte van het bos, het bladerdek. De actieve LiDAR-sensor die een laserbundel uitstuurt, levert 3D-informatie over de structuur (de hoogte van de bomen, de aanwezigheid van onderhout) en de dichtheid van het bos.

Het **HYPERFOREST**-project probeerde te achterhalen of de 3D-informatie van LiDAR de verwerking van hyperspectrale beelden kan bijsturen om de beheerders meer betrouwbare en gedetailleerde informatie te bezorgen. De onderzoekers selecteerden drie bossites in Vlaanderen met een steeds complexere structuur: het bosreservaat Kersselaerspleyn in het Zoniënwoud met een homogene beukenpopulatie; het bos van Wijnendale, een van de grootste bosdomeinen in West-Vlaanderen, waar eiken de dominante boomsoort vormen, naast esdoorns, beuken, notelaars, lorken enz.; en het Aelmoeseneiebos, het proefbos van de UGent, met een mix van boomsoorten (eiken, beuken, essen, lorken enz.) met een weelderige onderbegroeiing.

Het vijfjarenproject leverde concrete, uitgebreid gedocumenteerde en gepubliceerde resultaten op:

- de geometrische correctie van hyperspectrale beelden kon worden verbeterd. De hoogte van een boom leidt tot een verplaatsing van zijn positie op een hyperspectraal beeld. Dankzij LiDAR kan met dit verticale element rekening worden gehouden en kan de plaats van de kruin nauwkeuriger worden bepaald;
- de extra informatie die LiDAR biedt, maakte het ook mogelijk om de classificatie van de boomsoorten te verbeteren en om de sluitingsgraad van het bladerdak nauwkeuriger te bepalen, wat een belangrijke indicator is voor de toestand van het bos;
- andere pluspunten van de LiDAR-gegevens werden aan het licht gebracht. Ze laten toe om te bepalen of een deel van de kruin al dan niet aan de zon wordt blootgesteld; als dit niet het geval is, is het moeilijker om de boomsoort te identificeren. LiDAR-gegevens zijn ook nuttig om de boomkruin beter af te bakenen.

Om de resultaten verder te verfijnen, heeft het **HYPERFOREST**-project naast satellietgegevens nog twee andere informatiebronnen gebruikt: een LiDAR-sensor op de grond die helpt om een beter beeld te krijgen van de onderste laag van het bos en het complexe DART-model dat toelaat om het geregistreerde hyperspectrale signaal te koppelen aan de biofysische en biochemische eigenschappen van de vegetatie die een directe impact hebben op de gezondheidstoestand van de bomen.

De bosbeheerders waren via het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), een van de projectpartners, bij alle fasen van het onderzoek betrokken. Ze verzamelden niet alleen gegevens op het terrein, maar keken ook nauwgezet toe op de relevantie van het onderzoek voor de eindgebruikers. Welke producten en toepassingen precies moesten worden ontwikkeld, werd voortdurend met hen besproken en afgestemd op de werkelijke noden, zoals het in kaart brengen van de boomsoorten en de sluitingsgraad van het bladerdak. De eindresultaten werden tijdens een speciaal voor hen bestemde workshop aan de gebruikers voorgesteld.



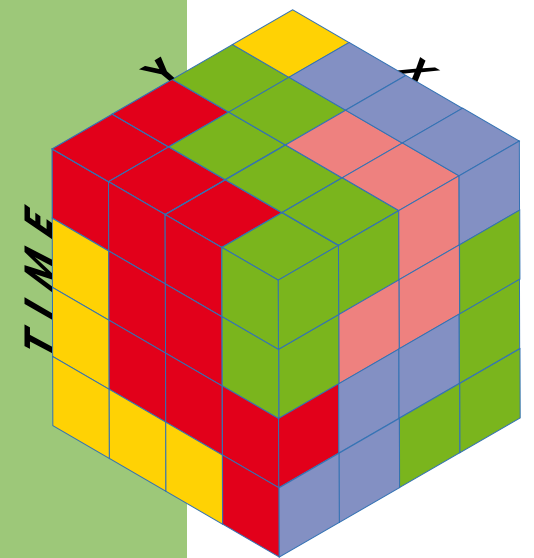
Het Wijnendalebos op een beeld van de hyperspectrale APEX-sensor in valse en in ware kleuren. Het valsekleurenbeeld werd samengesteld uit drie specifieke golflengten in het nabije infrarood, rood en blauw. Vegetatie oogt rood; de verschillende tinten rood wijzen op verschillende stadia van ontwikkeling of op verschillende soorten.

DE DYNAMIEK IN KAART BRENGEN

Verschillende studies hebben zich al gebogen over het nut van tijdreeksen van satellietbeelden om de ontwikkeling van vegetatie te monitoren. De meeste traditionele technieken vergelijken de spectrale respons van een bepaalde groep pixels over een bepaalde periode, bijvoorbeeld om de maand gedurende tien jaar. Een dergelijke aanpak houdt doorgaans echter geen rekening met de ruimtelijke (de waarde van de omringende pixels of pixelgroepen) of de temporele context (de waarde van diezelfde pixels op verschillende tijdstippen). Bovendien gaan deze procedures zelden uit van een hiërarchische classificatie, waarbij gegevens op verschillende niveaus tot vergelijkbare segmenten worden gecombineerd. Ze kunnen met andere woorden geen licht werpen op de complexe tijd-ruimtemechanismen die aan het werk zijn in de natuur, waar de meeste ecologische processen ruimtelijk met elkaar verbonden en hiërarchisch gestructureerd zijn.

Het opzet van het **ECOSEG**-project is de ontwikkeling van een geoptimaliseerde classificatiemethode die tijdinformatie integreert in de hiërarchische segmentatie van het beeld. Nieuw bij dit project is dat het de context van een pixel in al zijn dimensies (spectraal, ruimtelijk en temporeel) probeert te integreren om hem nauwkeuriger in een lager hiërarchisch niveau te kunnen classificeren.

Het bos met zijn complexe respons in tijd en ruimte op stressfactoren (zoals insecten en andere ziekteverwekkers, droogte, bosbranden) is de ideale plek om een dergelijke methode te valideren. Tijdreeksen van verschillende biofysische parameters werden gebruikt als sleutelindicator voor de gezondheid van bossen. Tijdens dit project hebben de onderzoekers een methodologie en een algoritme ontwikkeld die het mogelijk moeten maken om de dynamiek van bosesystemen nauwkeuriger te bepalen en om zo een betere kijk te krijgen op hun werking.



Dit artikel is gebaseerd op de onderzoeksprojecten

APLADYN
ANAGHLIA

KIJKEN NAAR HET VERLEDEN MET DE TECHNOLOGIE VAN MORGEN

Hoewel binnen het domein van de archeologie tot op heden weinig met teledetectie wordt gewerkt, blijkt het een interessante technologie te zijn om meer kennis over archeologische sites te vergaren zodat die beter kunnen worden bewaard.

Daarnaast laat teledetectie ook toe om overblijfselen uit het verleden te ontdekken die met meer traditionele methoden niet werden gedetecteerd.

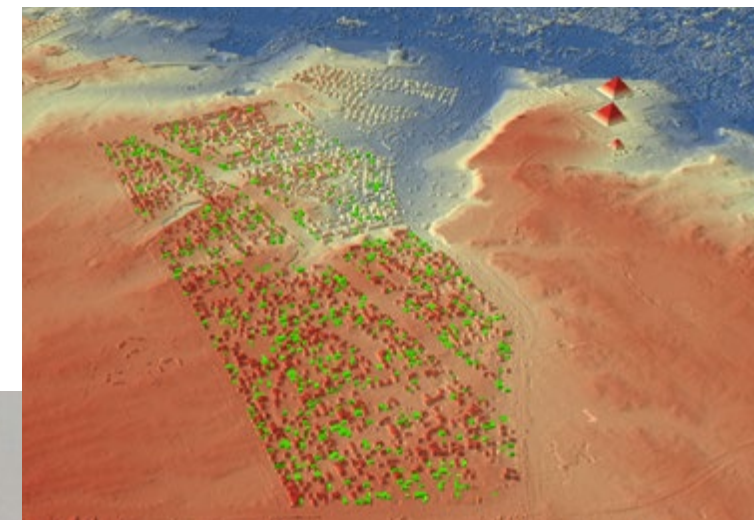
In tegenstelling tot landbouwbeheer en ruimtelijke ordening, waar teledetectie al langer is ingeburgerd, wordt deze technologie nog maar sinds kort binnen het domein van de archeologie toegepast. Archeologen vergaren gewoonlijk informatie door talloze sonderingen uit te voeren, een tijdrovende en arbeidsintensieve klus. Ze gaan hierbij voort op kaarten en luchtfoto's die een totaalbeeld schetsen. Vandaag is de ruimtelijke en spectrale resolutie van instrumenten aan boord van satellieten echter zodanig verbeterd dat onderzoeksteams de meerwaarde proberen te achterhalen die ze kunnen bieden in de vorm van nauwkeurigheid, snelheid en spreiding van de waarnemingen.

BEDREIGDE PIRAMIDEN

Het **APLADYN**-project spitst zich toe op de Nijlvallei en op de archeologische site bij uitsteking de piramiden van Gizeh. Net als bij andere grote riviersystemen vormt de Nijl de as van een mythische, vruchtbare vallei die aan de oorsprong en de bloei lag van drie millennia Egyptische beschaving. Voor onderzoekers en gewone stervelingen is het culturele en natuurlijke erfgoed dat de vallei in zich sluit, van onschatbare waarde. Een beter inzicht verwerven in de dynamiek van de plek en in de banden die de mens met zijn omgeving smeedt, levert wellicht aanwijzingen en sleutels op om het verleden te

bestuderen. Door bijvoorbeeld te bepalen waar vroeger de vaargeulen en de bedding liepen, kunnen onderzoekers nauwkeuriger de zones in kaart brengen waar in de oudheid wellicht mensen woonden.

Een nauwkeurige observatie van het landschap levert ook sleutels voor de toekomst op door de risico's in kaart te brengen die deze unieke sites bedreigen. Met nieuwe methoden, die gebruik maken van teledetectiegegevens, werd niet alleen de aandacht gevestigd op de snelle uitbreiding van de stad Caïro, maar ook op de zandduinen die jaarlijks zo'n vier meter oprukken. Door de Landsat-beelden van de afgelopen 40 jaar naast elkaar te leggen, toonde het team wetenschappers aan dat de zichtbare voortschrijding van de duinen niet opweegt tegen de aanhoudende uitbreiding van het landbouwareaal vanuit de vruchtbare vallei richting woestijn. Teledetectie heeft bijgedragen aan het kwantificeren van het verzandingsgevaar en de antropogene druk. De ontwikkelde methoden laten toe om de voortgang van deze fenomenen in te schatten door toekomstige wijzigingen te extrapoleren uit ontwikkelingen in het verleden. Deze modellen zijn voor plaatselijke functionarissen onmisbaar om de nodige instandhoudingsmaatregelen te nemen.



Door de vergelijking van twee sets hoge resolutie stereoscopische beelden kan een digitaal hoogtemodel gecreëerd worden waarop duidelijk zichtbaar en kwantificeerbaar is hoe nieuwe verkavelingen het plateau van Gizeh inpalmen. De constructies gebouwd in de periode 2009-2011 in de wijk Pyramid Gardens (Hada'iq al-Ahram), gelegen ten zuidwesten van de archeologische site, zijn aangeduid in groen.



JACHT OP ARCHEOLOGISCHE SCHATTE

Waar ook ter wereld automatisch een zone in kaart brengen die vanuit archeologisch standpunt interessant kan zijn, dat is natuurlijk een van de doelstellingen van de wetenschappers. Menselijke activiteit in een ver verleden heeft in de bodemsamenstelling sporen nagelaten die tot wijzigingen in de bodembedekking kunnen leiden. Die sporen op- en onderzoeken, is de boeiende uitdaging van het **ANAGHLIA**-project.

Omdat grote archeologische waarde nauw samenhangt met het reliëf van het landschap is een gedetailleerde topografie van de bestudeerde site belangrijk. Daarom integreren onderzoekers LiDAR-gegevens in hun methoden: dit actieve systeem tast met zijn lasersignaal het overvlogen oppervlak af, dwars door wolken en vegetatie. Het teruggekaatste signaal wordt opgevangen en geeft informatie over de positie en de hoogte

van duizenden contactpunten op de grond. Dit levert de nodige (micro)topografische context op om de spectrale signalen te analyseren en te interpreteren.

De grote hoeveelheid informatie die de hyper-spectrale gegevens opleveren, laat toe om een aantal geofysische eigenschappen van de bodem aan het licht te brengen die kunnen wijzen op eventuele eerdere bewoning van de site. Onderzoekers letten onder meer op de aanwezigheid van houtskooldeeltjes, van minuscule terracotta-fragmenten of van een abnormaal grote hoeveelheid organisch materiaal. Door de twee informatiebronnen op een innovatieve manier te koppelen, krijgen de onderzoekers een betere kijk op hoe bestaande overblijfselen zich over het bodemoppervlak verspreiden en hoe landschapselementen ze kunnen blootstellen of net verbergen.



Voor het ANAGHLIA-project werden twee zeer uiteenlopende studiesites gekozen. Een ervan is het stroombed van de Raganello rivier in Calabrië waar meer dan 150 archeologische sites zijn ontdekt, in hoofdzaak uit de bronstijd en de hellenistische periodes.

DE DRONE: FLEXIBEL, SNEL EN GOEDKOOP

Een UAV (Unmanned Aerial Vehicle) of een onbemand vliegtuig is een ander, uitermate nuttig technologisch snuffje dat de resultaten snel met metingen op het terrein kan bekrachtigen. Dit telegeleide toestel, dat we beter kennen als een drone, heeft een filmcamera of een fototoestel aan boord. Te registreren parameters en trajectveranderingen kunnen heel eenvoudig worden geprogrammeerd.

Zijn gebruiks- en programmeergemak, zijn wendbaarheid en zijn relatief lage kostprijs verklaren het snelle succes van de drone. Het is dan ook niet verwonderlijk dat steeds meer academische onderzoekscentra en privéorganisaties een eigen observatiedrone aanschaffen.



BEHOUD VAN DE BIODIVERSITEIT: EEN ABSOLUTE NOODZAAK

In een poging om de teruggang van de biodiversiteit een halt toe te roepen, is er nu een multidisciplinaire, grootschalige en geïntegreerde aanpak, waarbij een ecosysteem in al zijn facetten wordt geobserveerd. Voor deze aanpak die zich toespitst op het ecosysteem blijkt teledetectie een uitgelezen hulpmiddel te zijn.

Door klimaatveranderingen en toedoen van menselijke activiteiten blijft de biodiversiteit achteruitgaan. De IUCN, de internationale unie voor het behoud van de natuur en de natuurlijke hulpbronnen, publiceert alarmerende cijfers: ongeveer 30% van alle geïnventariseerde soorten is met uitsterven bedreigd. Als we dit fenomeen willen stoppen, moeten we meer en efficiëntere beschermingsmaatregelen nemen. Daarvoor komen er almaar meer grootschalige programma's: het Pan-Amerikaanse ecologische netwerk, de klimaatcorridor op het Australische continent, het Alpenverdrag, het Franse groene netwerk, het Europese Natura 2000-netwerk.

Bij deze grote projecten, maar ook bij plaatselijke initiatieven, gaat de voorkeur naar een totaal-aanpak: het ecosysteem wordt in zijn geheel bekeken. Satellietbeelden kunnen hierbij een rol spelen. Ze bieden immers niet te verwaarlozen voordelen bij het monitoren van de biodiversiteit: de techniek is niet-invasief en laat toe om grote oppervlakten te observeren. De resolutie

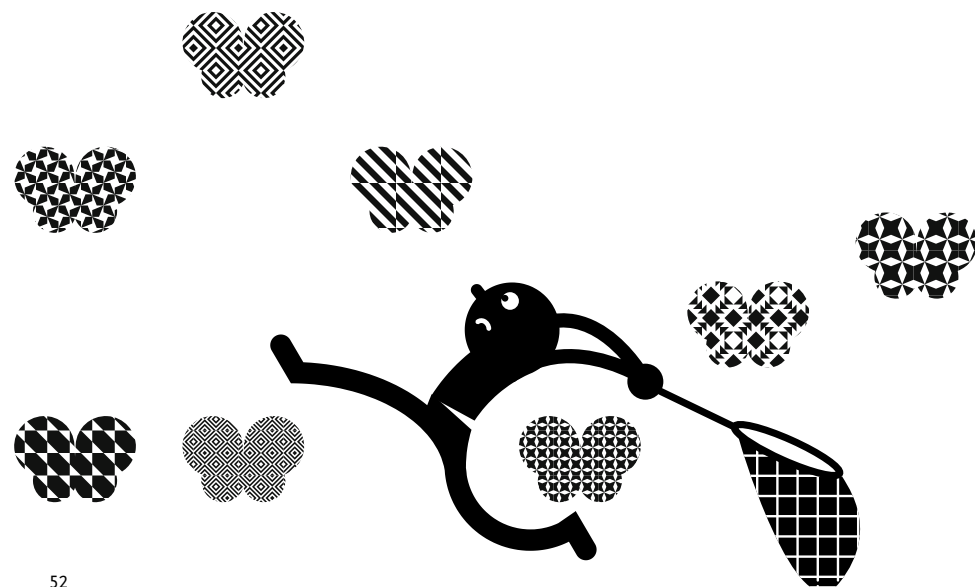
van de beelden wordt bovendien almaar beter en door ver-

schillende opnames te maken van dezelfde gebieden, krijgen onderzoekers toegang tot informatie het hele jaar door en voor alle seizoenen.

Voorals hyperspectrale beelden zijn interessant om de biodiversiteit te bestuderen. Deze revolutionaire technologie biedt onderzoekers meer en veel gedetailleerdere informatie dan een klassieke multispectrale sensor. Wetenschappers beschikken zo over een ongelooflijke hoeveelheid informatie, maar staan ook voor de uitdaging om ze te verwerken en te bewaren. Na het testen van heel wat methodes en het uitwerken van verwerkings- en analyseprocedures voor hyperspectrale beelden, zijn onderzoekers erin geslaagd de beelden te gebruiken voor toegepaste studies. Belgische teams maken nu concrete informatieproducten aan over biodiversiteit.

EEN EVALUATIE OM DE ZES JAAR

In Europa is het in stand houden van de biodiversiteit een prioriteit geworden. Om een gemeenschappelijk actiekader vast te leggen, werd in 1992 het Natura 2000-netwerk opgericht. Elk land stelt een lijst samen met waardevolle



Dit artikel is gebaseerd op de onderzoeksprojecten

HABISTAT
RE-LEARN
ESSENCE
HEATHRECOVER
VEGEMIX
REMEDY



Het hyperspectrale warekleurenbeeld van juni 2007 van de site Kalmthoutse Heide, en de habitatkaart die gemaakt werd met de HABISTAT-methode.

- Droge heide op jonge zandafzettingen
- Droge heide
- Open grasland op landduinen
- Vochtige tot natte heide
- Droge Europese heide
- Waterlichaam, mogelijk N2000 habitat
- Bos
- Geen N2000-habitattypen
- Molinia overwoekerd heideland

NATURA 2000, EEN MEGAPROJECT

Het Europese Natura 2000-netwerk wil natuurlijke en semi-natuurlijke landschappen in kaart brengen, monitoren en beschermen. Het gaat specifiek om landschappen die door hun uitzonderlijke fauna en/of flora van groot belang zijn op regionaal of op Europees vlak. Deze gebieden – ongeacht of ze zich nu op het land, langs de kust of in volle zee bevinden – hebben een betere bescherming en een specifiek beheer nodig. Er zijn heel wat verschillende partners binnen het netwerk actief: onderzoekers, overheden en besturen, landbouwers, burgers enz. Het Natura 2000-netwerk staat symbool voor de wil om het behoud van de biodiversiteit te garanderen via een globale aanpak. Dieren en planten kennen immers geen grenzen. Een beter inzicht in hun behoeften is absoluut noodzakelijk om de instandhouding en het herstel van natuurlijke landschappen te bespoedigen.



natuurgebieden en verbindt zich ertoe om hun conserveringsstatus permanent te monitoren. Om de zes jaar moet ieder land de Europese Commissie een evaluatierapport bezorgen. Deze verbintenis heeft tot gevolg dat er op het terrein heel wat gegevens moeten worden verzameld, wat een duur en tijdrovend proces is. Om efficiënt te kunnen werken, moeten de controleinstanties idealiter op praktische en betrouwbare hulpmiddelen kunnen rekenen zoals recente, gedetailleerde kaarten, kwaliteitsindicatoren voor de gemonitorde habitats en modellen die een bepaald type habitat linken aan specifieke vegetatie.

De 18 Belgische en Nederlandse onderzoekers die bij het **HABISTAT**-project waren betrokken, hebben vierenhalf jaar onderzoek aan dit onderwerp gewijd met één doel voor ogen: aan de hand van hyperspectrale gegevens een methode ontwikkelen waarmee een gedetailleerde habitatkaart kan worden opgesteld met bijbehorende kwaliteitsindicatoren.

HABITATKARTERING

Het project concentreerde zich op drie landschappen uit het Natura 2000-netwerk met een heide-ecosysteem: de Kalmthoutse Heide ten noorden van Antwerpen en de Ginkelse Heide en de Eder Heide in Nederland. De eerste uitdaging voor de onderzoekers bestond erin de aanwezige habitats nauwgezet te classificeren.



De habitats zijn heel verscheiden, maar hun structuur wordt bepaald door een beperkt aantal plantensoorten die overvloedig aanwezig zijn. Op een enkele uitzondering na bestaat er geen eenduidig verband tussen een plantensoort en een type habitat, wat directe classificatie onmogelijk maakt.

De nieuwe insteek van de onderzoekers bestond erin om de dominante plantensoorten eerst gedetailleerd in kaart te brengen en om ze vervolgens – afhankelijk van hun ruimtelijke verspreiding – in habitats te herschikken. Op die manier slaagden de onderzoekers erin om van 6 grote habitatklassen (heide, grasland, duin enz.) tot 27 veel specifiekere subklassen te komen, wat nuttiger is voor het landschapsbeheer.

De methode werd in de drie bestudeerde zones met succes toegepast. De beheerders van het natuurreservaat van de Kalmthoutse Heide kregen voor het eerst kaarten in handen met een ongeëvenaarde nauwkeurigheid. De resolutie bedraagt 2,5 meter: 1 pixel op de kaart komt overeen met een vierkant van 2,5 m op 2,5 m op het terrein. Dit is heel wat beter dan met traditionele methodes. Hierdoor konden ze visueel het effect nagaan van beheersmaatregelen zoals maaien, grazen en snoeien op de instandhouding van het ecosysteem. Tevens was het mogelijk om zones af te bakenen waar dringend moest worden ingegrepen om aantasting van het landschap te voorkomen. Het project heeft intussen meerdere publicaties en twee workshops opgeleverd, en kon op heel wat belangstelling rekenen. De methode zal nu op verschillende andere plaatsen in Europa worden ingezet en getest.

EEN ALTERNATIEF VOOR VELDWERK

Met de verplichte Natura 2000-rapportering in het achterhoofd onderzocht het **RE-LEARN**-project in het zog van het **HABISTAT**-project hoe veldwerk tot een strikt minimum kan worden beperkt. Een van de voorgestelde oplossingen was om bestaande referentiegegevens te hergebruiken. De onderzoekers werken namelijk aan een methode waarbij geen nieuwe referentiegegevens nodig zijn om de vegetatie in kaart te brengen. Twee



Luchtfoto en kaart van de verbrande gebieden van het reservaat van de Kalmthoutse Heide, na de verwoestende brand van mei 2011.

soorten bestaande gegevens komen hiervoor in aanmerking: gegevens die in het verleden op dezelfde plaats zijn verzameld of gegevens van een andere plek met een vergelijkbare vegetatie. Met deze techniek zijn ze er bijvoorbeeld in geslaagd om een classificatie door te voeren aan de hand van een hyperspectraal beeld dat normaal onbruikbaar zou zijn geweest omdat het grotendeels overschaduwd was door een wolk.

Een van de grote voordelen van deze aanpak is dat die het mogelijk maakt om moeilijk bereikbare gebieden in kaart te brengen door satellietbeelden te combineren met referentiegegevens verzameld op plaatsen met vergelijkbare ecosystemen. Deze waardevolle techniek zal ongetwijfeld goed van pas komen voor instanties die instaan voor het toezicht van het Natura 2000-netwerk, maar ook voor iedere wetenschapper die gebruik maakt van teledetectie.

ECOSYSTEEMDIENSTEN ONDER TOEZICHT

Het concept van de ecosystemedienst dook voor het eerst op in de jaren 70 van vorige eeuw en is sindsdien niet meer weg te denken uit de wereld van wetenschappers en beleidsmakers. Het concept sluit perfect aan bij de holistische of globalistische benadering die gangbaar is bij de bescherming van de biodiversiteit. Met het oog op de vele diensten die ecosystemen de mens leveren, zou het ideaal zijn om ze in kaart te kunnen brengen om ze zo beter te kunnen bewaren. De Belgische en Baskische onderzoekers van het **ESSENSE**-project hebben een nieuwe aanpak ontwikkeld die het mogelijk maakt om aan de hand van hyperspectrale gegevens de precieze locatie, de omvang en de structuur van ecosystemediensten vast te leggen.

Tot nog toe werden deze diensten in kaart gebracht op basis van gegevens over het

bodemgebruik. De focus lag hierbij op het verstrekken van producten zoals hout en landbouwproducten. Binnen **ESSENSE** hebben de onderzoekers hun aandacht gericht op regulerende diensten zoals denitrificatie, de fosforkringloop en de opslag van koolstof. Ze trokken hiervoor naar twee natuurreservaten in de Kempen: De Vennen in het stroomgebied van de Grote Nete en De Liereman in de buurt van Turnhout.

WAT PRECIES IS EEN ECOSYSTEEMDIENST?

Een ecosystemedienst is de dienst die een ecosysteem ons levert. Als een ecosysteem in goede staat verkeert en perfect functioneert, bewijst het heel wat diensten aan onze samenleving: het handhaaft bijvoorbeeld de luchtkwaliteit, zuivert water (door denitrificatie en door stikstof en fosfor op te slaan) en legt koolstof vast. Een ecosysteem heeft aldus een economische waarde omdat het verdwijnen ervan tot heel wat extra kosten zou leiden. Die waarde is moeilijk vast te leggen, maar heel wat onderzoeken zijn hier momenteel mee bezig. Toen in 2005 het *Millenium Ecosystem Assessment* verscheen, was het concept rijp om de laboratoria achter zich te laten en om het politieke toneel te veroveren. De tekst wekte wereldwijd belangstelling op voor deze zienswijze door te wijzen op het vitale belang van deze diensten voor het welzijn van mensen. De ecosystemediensten die vaak gelinkt zijn aan een grote biodiversiteit, worden nu door onze activiteiten bedreigd. Het is de bedoeling om ze beter te beschermen en dit proces begint met het in kaart brengen van de kerngebieden – de zogenaamde hot spots – die extra nuttig zijn.



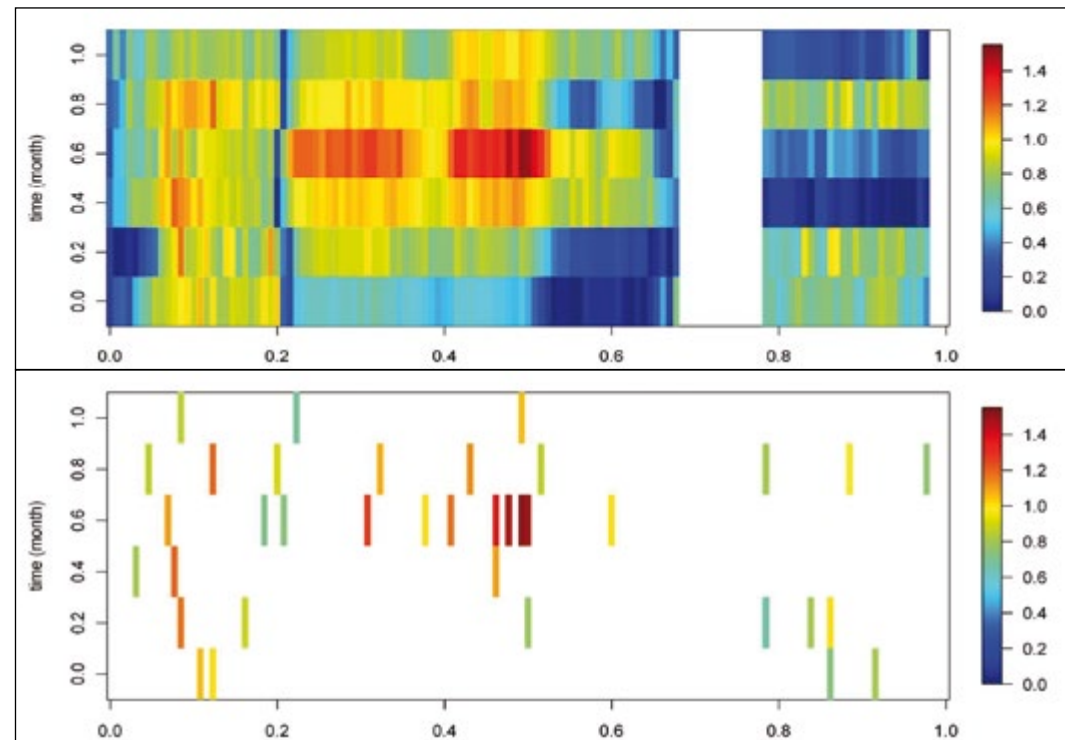
Om een link te kunnen leggen tussen het hyperspectrale beeld en de ecosysteemdienst, gaan de onderzoekers uit van twee stellingen. De eerste is dat de goede werking van een ecosysteem rechtstreeks samenhangt met het aantal plantensoorten dat je erin terugvindt: hoe groter de biodiversiteit, des te groter de omvang van de geleverde dienst. De tweede stelling legt een verband tussen de biodiversiteit en het spectrale signaal dat zichtbaar is

op de beelden: hoe rijker de biodiversiteit, des te heterogener het spectrale signaal.

De onderzoekers hebben zo aan de hand van de biodiversiteit de ecosysteemdienst in correlatie met het spectrale signaal kunnen brengen. Het Belgisch-Baskische project moet leiden tot nieuwe manieren om het behoud van ecosystemen aan te pakken.

NA DE BRAND

In april 2011 hield een grote brand lelijk huis in de Hoge Venen. Meer dan 1.300 hectare vegetatie gingen in vlammen op, bijna een derde van het beschermde natuurreservaat. Een maand later was het Belgisch-Nederlandse natuurreservaat



Om invasieve van inheemse soorten te onderscheiden, heeft het VEGEMIX-project een strategie van 'ontmenging' van het globale en multitemporele signaal ontwikkeld. Het beste tijdstip en de beste spectrale kenmerken ervan worden bepaald zodat optimaal onderscheid gemaakt kan worden tussen soorten.

HYPERSPECTRALE BEELDEN: EEN TECHNISCH HOOGSTANDJE

Elke plant heeft een uniek spectraal profiel. Kleur, structuur en standplaats bepalen de weerkaatsing van verschillende delen van het zonlicht. Hoe gedetailleerder de spectrale informatie over een bepaald object, des te gemakkelijker om het te identificeren. De hyperspectrale sensoren op vliegtuigen of satellieten registreren het zonlicht dat objecten weerkaatsen in honderden smalle, aangrenzende spectraalbanden. Die gaan van het zichtbare spectrum tot het thermische infraroodspectrum. In vergelijking met multispectrale beelden, die in slechts 3 tot 10 banden worden geregistreerd, is dit een enorme kwantitatieve en kwalitatieve stap voorwaarts bij het verzamelen van informatie over geobserveerde oppervlakten. Onderzoekers kunnen nu met een nooit eerder geziene nauwkeurigheid een hele reeks biogeofysische en biochemische variabelen bepalen.

Deze technologie blijkt uiterst waardevol voor een hele reeks toepassingen, hoe verscheiden en complex de bestudeerde omgeving ook is. Om de biodiversiteit te monitoren, zijn hyperspectrale beelden haast vanzelfsprekend de beste optie: het plantendek, de gezondheidstoestand van de vegetatie, de bodemsamenstelling, de vochtigheidsgraad, de eutrofiëring van oppervlaktewateren, de concentratie aan zwevende deeltjes enz. zijn stuk voor stuk voorbeelden van parameters die met deze technologie nauwkeurig kunnen worden bestudeerd. Door deze parameters te combineren, kunnen onderzoekers zich een volledig beeld vormen van de biologische, fysische en chemische processen die elkaar wederzijds beïnvloeden en die de toestand van een plaats op een gegeven tijdstip bepalen.

de Kalmthoutse Heide aan de beurt: 600 hectare werden door het vuur verwoest. Deze rampen maakten duidelijk hoe weinig informatie er over deze (droge of vochtige) heide- en veenecosystemen beschikbaar was.

In het kader van het **HEATHRECOVER**-project gingen onderzoekers uit België, Nederland en van het Amerikaanse ruimtevaartagentschap NASA aan de slag om deze leemte op te vullen en zo de beheerders van deze natuurreservaten te helpen bij het ecologische herstel van de beschadigde zones. Deze hulp is onschatbaar omdat het behoud van dergelijke kwetsbare ecosystemen heel wat inspanningen vergt. Dankzij de hyperspectrale beelden hebben we een beter inzicht gekregen in de complexe wisselwerking tussen deze ecosystemen en de branden. Het team is alvast tot een eerste interessante conclusie gekomen: om de ernst van een brand in een heide-ecosysteem precies te kunnen beoordelen, moet rekening worden gehouden met de vegetatie die er voor de brand was. Het schatten van de omvang van de schade blijkt hier moeilijker te zijn dan bij een 'klassiek' bos waar doorgaans een eenvoudige berekening volstaat. De uiterst gedetailleerde kaarten die de onderzoekers hebben gemaakt, maakten het voor de reservaatbeheerders mogelijk om onmiddellijk na de brand precies vast te stellen welke zones getroffen waren en hoe groot het ecologisch verlies was. Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) zal dit onderzoek op

middellange en lange termijn voortzetten. Door de kaarten te combineren met vegetatiekaarten van voor en na de brand, kunnen de beheerders bepalen welke aanpak het efficiëntste is om het ecosysteem te herstellen.

ALSMAAR HOGER: VAN VLIEGTUIG NAAR SATELLIET

Na de hyperspectrale revolutie slaan sommige onderzoekers een nieuwe weg in en kiezen voor hyperspectrale sensoren aan boord van satellieten in plaats van vliegtuigen. In vergelijking met sensoren aan boord van vliegtuigen maken satellietsensoren het mogelijk om grotere gebieden te bestrijken en leveren ze tegen een hogere frequentie gegevens aan voor minder geld. Recente studies hebben in dit verband de voordelen aangetoond van de Hyperion-sensor aan boord van de NASA EO-1-satelliet.

Het **VEGEMIX**-project onderzocht het nut van de Hyperion-data om invasieve boomsoorten in het tropische regenwoud in Hawaï in kaart te brengen om na te gaan hoe hun verspreidingsgebied evolueert en welke impact dit heeft op het tropische ecosysteem. De seizoensvariatie is een belangrijke parameter is om deze invasieve boomsoorten te identificeren. Daarom is het interessant te kiezen voor satellietgegevens, omdat een satelliet immers meerdere malen over hetzelfde gebied vliegt tijdens het groeiseizoen, wanneer de kruinlaag van de bomen snel verandert.

Het tropische regenwoud op de hellingen van de Kīlauea in het hart van het Hawaï Volcanoes National Park. Links, de inheemse soorten *Metrosideros polymorpha* (endemische struik van de archipel) en *Acacia koa*. Rechts de invasieve soorten *Psidium cattleianum* en *Morella Faya*.



ZEE EN KUST IN HET MIDDELPUNT VAN DE BELANGSTELLING

Onze planeet is voor meer dan 70% bedekt met water. De kustzones die aan zeeën en binnenwateren grenzen, herbergen bijzonder rijke ecosystemen. Die staan echter onder extreme menselijke druk. Om deze waardevolle zee- en kustrijdommen beter te doorgronden en in stand te houden, is teledetectie niet meer weg te denken.

Kustgebieden zijn een lappendeken van terrestrische en aquatische ecosystemen. Als overgangszones zijn ze ecologisch vaak heel erg waardevol. De biodiversiteit is er aanzienlijk groter dan in het binnenland en ze bieden een uitzonderlijke verscheidenheid aan habitats

zoals koraalriffen, mangroven, moerasgebieden, estuaria enz. Deze gebieden zijn echter ook erg in trek als woonzones en vaak vormen ze belangrijke economische kerngebieden waarbij de nadruk ligt op transport, visserij, toerisme en energie.



RELEVANTE CIJFERS

Volgens de Atlas van de oceanen van de Verenigde Naties woont 44% van de wereldbevolking op minder dan 150 kilometer van de zee.

Meer dan 90% van het wereldwijde goederenverkeer gaat over zee.

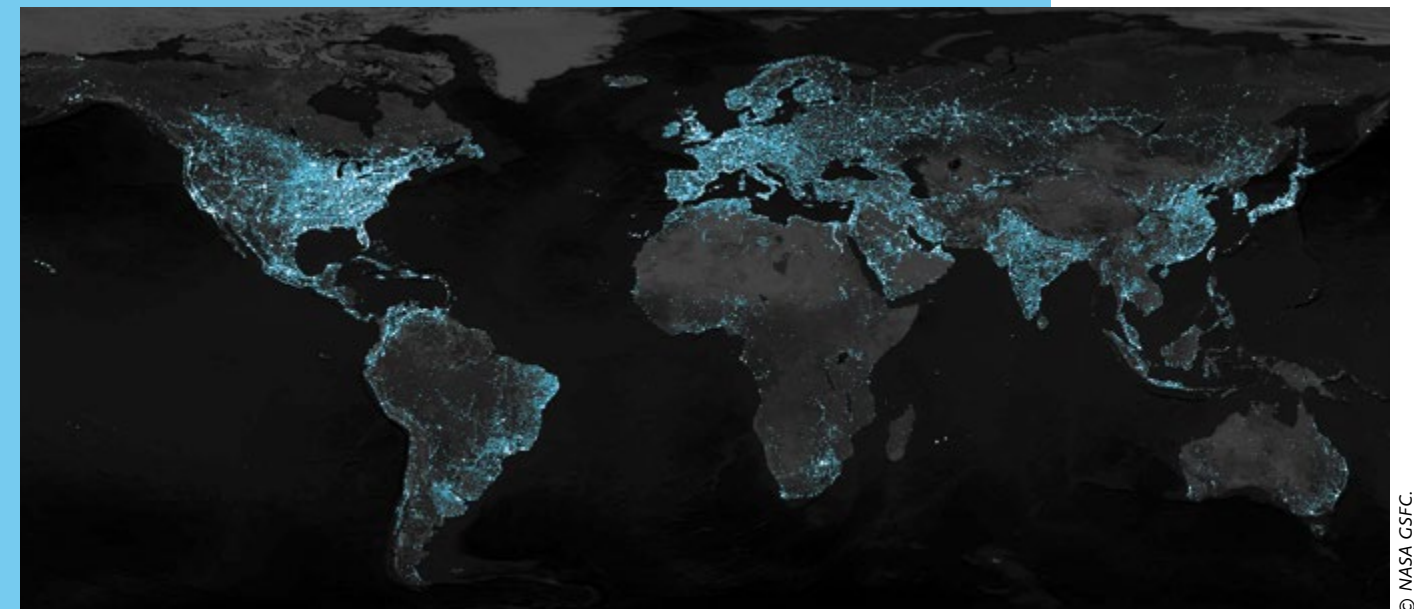
Drijvend huishoudelijk afval bestaat voor 80 % uit plastic.

Volgens de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO) leeft 12% van de wereldbevolking van visvangst en aquacultuur.

In het laatste evaluatieverslag van het IPCC (de Intergouvernementele Werkgroep inzake klimaatverandering) staat dat:

- de temperatuur van de oceanen in de bovenste 75 meter gemiddeld 0,1°C per decennium stijgt;
- het zeewaterpeil gemiddeld naar schatting met 3,2 mm per jaar zal stijgen;
- de oceanen zowat 30% van de antropogene emissies aan CO₂ hebben geabsorbeerd.

Dit nachtelijk beeld van de aarde geeft een overzicht van de verdeling van de wereldbevolking.



© NASA GSFC.

Dit artikel is gebaseerd op de onderzoeksprojecten

BELCOLOUR-2
GEOCOLOUR
JELLYFOR
BEL-GOYA
MICAS
SEASWIR
RE-COLOUR
BESST
HISEA
INSHORE
ALGASED
RESORT



Dit luchtbeeld dekt een strook van 6 km ten oosten van Oostende. De zones waar een nabijheidseffect speelt, zowel in kust- als binnenwateren, zijn weergegeven in rood.



De menselijke druk op de kustzones neemt steeds maar toe. Het drukke maritieme verkeer leidt tot vervuiling van oceanen en kusten, in het bijzonder door olie (door ongevallen, maar meestal door lozing). Daar bovenop komen nog andere bronnen van verontreiniging zoals afvalwater van steden, industriële lozingen, landbouwresidu's en drijvend huishoudelijk afval. De gevolgen zijn tweërlei: toxische stoffen hopen zich op in de voedselketen en door de grote toevloed aan nutriënten (zoals stikstof en fosfor) verandert de waterkwaliteit. Hierdoor ontstaat algenbloei waardoor de opgeloste zuurstof in het water uitgeput geraakt.

Ook de visserijsector is van primordiaal belang: visserij vormt de belangrijkste voedselbron voor 3 miljard mensen. De afgelopen decennia is het volume gevangen vis voortdurend blijven stijgen. Omdat de bevissing sneller gaat dan de aangroei stellen we over de hele wereld een alarmerende daling vast van de visbestanden (vis, weekdieren en schaaldieren). Bovendien zijn overbevissing en destructieve visserijpraktijken nefast voor de zeebodem en tasten ze ecosystemen aan die van levensbelang zijn voor de primaire productiviteit van de oceanen en voor andere mariene soorten zoals dolfijnen, schildpadden en zeevogels.

Deze daling van de productiviteit verergert nog door de temperatuurstijging en de verzuring van de oceanen. Klimaatveranderingen hebben immers ook een grote impact op mariene ecosystemen en kustgebieden. Naast de weerslag op de visbestanden verwacht men dat de gevolgen van orkanen en cyclonen ernstiger zullen worden en dat het water – onder meer door het afsmelten van de ijskappen – zal uitzetten, met een zeespiegelstijging tot gevolg. Oppervlaktewateren kunnen ook heel wat CO₂ absorberen. Dit heeft tot een verzuring van het water geleid – met nefaste gevolgen voor de planktonproductie en voor verkalking (schelpen, skeletten, koralen enz.). Hierdoor wordt het evenwicht binnen de voedselketen en binnen de ecosystemen grondig verstoord.

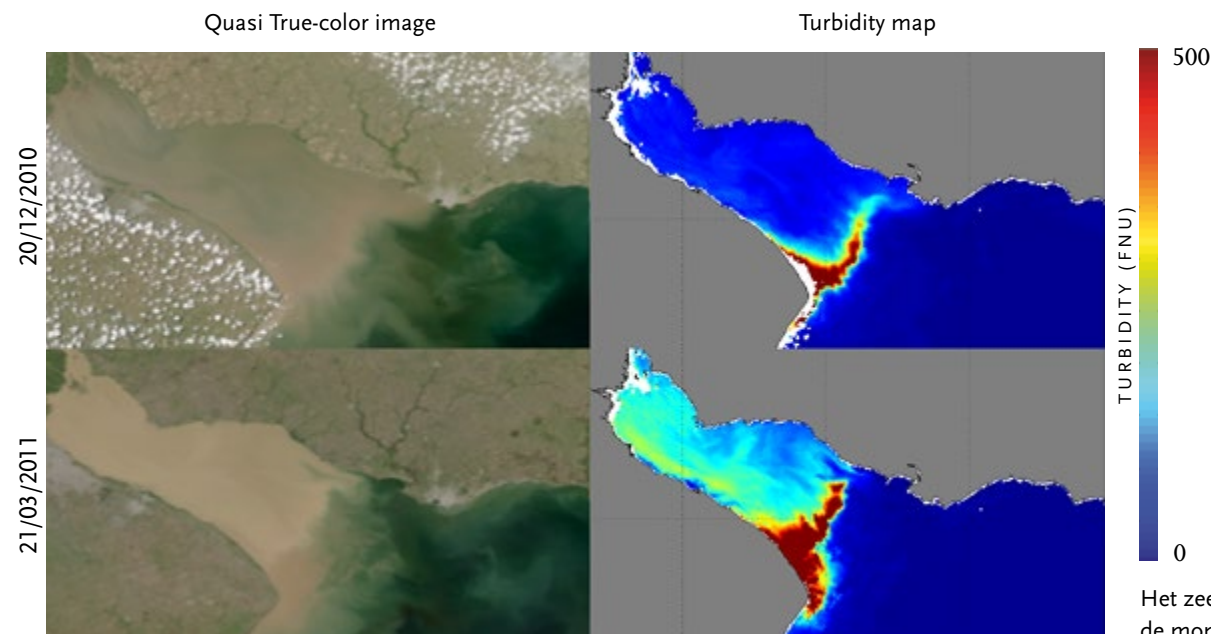
Bebouwing, vervuiling en overbevissing: in combinatie met de gevolgen van de klimaatverandering leidt dit tot een alarmerende aantasting van mariene en kusthabitats en tot een snelle uitputting van de visbestanden. Om deze directe en indirecte gevolgen op een doordachte manier te kunnen aanpakken, moet je op alle niveaus een beroep kunnen doen op betrouwbare en volledige wetenschappelijke gegevens. Onderzoekers gebruiken daarom niet enkel de bestaande aardobservatie-instrumenten, maar leggen zich toe op de ontwikkeling van toekomstige instrumenten om deze specifieke mariene en aquatische milieus nog beter te kunnen monitoren.

WATER IN ALLE KLEUREN

Zeewater kan verschillende tinten blauw, grijs of bruin aannemen, afhankelijk van de soorten en concentraties zwevende deeltjes en opgeloste organische stoffen. Als het weinig deeltjes bevat, is het helder en blauw; als het veel (levend of rottend) fytoplankton en/of minerale bestanddelen bevat, ziet het veeleer groen en troebel. Deze kleurnuances zijn waarneembaar met optische sensoren zoals onze ogen of door sensoren aan boord van satellieten. De bedoeling van teledetectie is om uit de reflectiegegevens die de sensoren hebben geregistreerd, kwantitatieve informatie af te leiden over de geobserveerde watermassa's, zoals de concentratie aan chlorofyl. Door deze te linken aan monstername ter plaatse of te verwerken in modellen, kan ze voor tal van ecologische en wetenschappelijke toepassingen worden gebruikt: controle van de waterkwaliteit, modellering van ecosystemen, dynamiek van algenbloei, monitoring van eutrofiëring, monitoring van sedimenttransport enz.

Het **BELCOLOUR-2** -project heeft twee doelstellingen:

- de kwaliteit verbeteren van bestaande producten, die met behulp van optische teledetectie werden ontwikkeld, om kust- en binnenwateren te bestuderen;
- nieuwe producten ontwikkelen voor belangrijke toepassingen zoals de schatting van de mariene primaire productie en van de CO₂-uitwisseling tussen de atmosfeer en de zee.



De onderzoekers hebben verschillende optische fenomenen bestudeerd, gaande van de absorptie en dispersie van licht door fytoplankton en submicrometrische (minder dan 0,001 millimeter) minerale deeltjes tot hun impact op de kleur van de oceaan zoals een satelliet die een paar honderd kilometer boven de aarde hangt die waarneemt.

Dit grootschalige, vijf jaar durende project leverde heel wat resultaten op: van basistheorie over beeldverwerking tot de ontwikkeling van afgewerkte producten met direct nut voor heel wat gebruikers:

- onderzoeken van atmosferische optica om te vermijden dat atmosferische effecten de mariene parameters beïnvloeden;
- ontwikkelen van een methode om het nabijheidseffect (de 'omgevingsstraling') te vermijden die bij waarnemingen dicht bij land voor een onduidelijkheid kan zorgen;



- uitwerken van nieuwe detectiemethodes voor twee belangrijke planktonsoorten in de Noordzee: *Phaeocystis globosa* en *Noctiluca scintillans*;
- aanzienlijke vooruitgang in de karakterisatie van zwevende deeltjes, van de troebel- of de helderheid van het water, van de primaire productie en van de CO₂ die in het zeewater is opgelost;
- vooruitgang in het onderzoek naar de evolutie van roofvissen die op zicht jagen en die hun zicht genetisch aanpassen aan het licht dat onder water beschikbaar is;
- quasi-realtimetypeproductie van kaarten en beelden van de zeeoppervlaktetemperatuur (SST voor Sea Surface temperature), chlorofylconcentratie en totale hoeveelheid zwevende materie (of TSM voor Total Suspended Matter);
- ontwikkeling van software die de gegevens van de SeaWiFS-sensor aanpast voor troebel water.

Het zeer troebele water van de monding van de Rio de la Plata tussen Argentinië en Uruguay is duidelijk te zien op de MODIS beelden van de AQUA satelliet (links). Behandeling van de beelden met de BELCOLOUR-2 methode resulteert in turbiditeitskaarten (rechts), uitgedrukt in FNU eenheden. Bij 500 FNU valt de zichtbaarheid terug tot minder dan 1 cm, wat ideaal is voor vislarven, die zo onzichtbaar zijn voor hun predatoren.

Gedurende mooie junidagen verschijnen soms bruinrode vlekken in de Noordzee. De wetenschappers van het BELCOLOUR-2 project konden aantonen dat dit fenomeen te wijten was aan de bloei van het microscopische wier *Noctiluca scintillans* en ontwikkelden een detectiemethode op basis van aardobservatie.



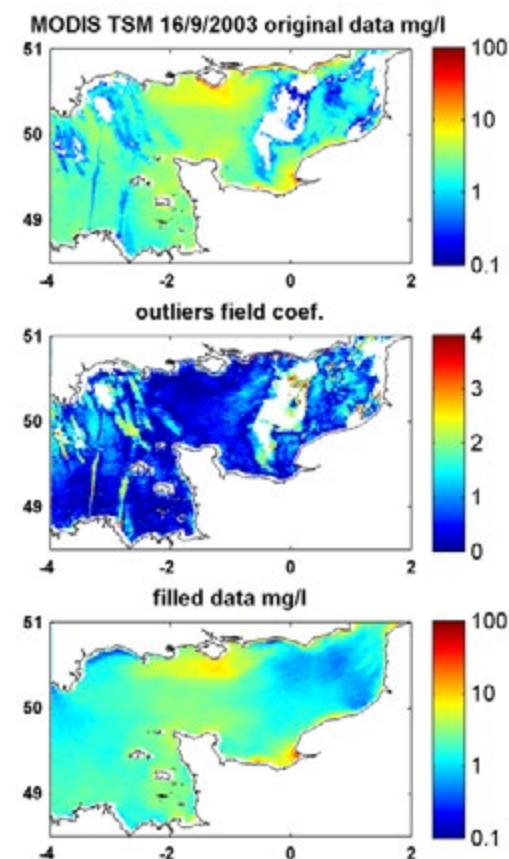
Het oceanografisch onderzoeksschip Belgica.



Kaart van de concentraties aan zwevende deeltjes in het Kanaal op basis van MODIS-gegevens van de polaire AQUA-satelliet. Bovenaan: Oorspronkelijke gegevens met wolken in het wit. Midden: Automatische identificatie van verdachte gegevens. Onderaan: Gereconstrueerde gegevens waarbij de wolken vervangen zijn door de beste DINEOF-schattingen. In het GEOCOLOUR-project werd deze techniek toegepast op data van het SEVIRI-instrument aan boord van de Meteosat-satellieten, terwijl het RE-COLOUR-project hem succesvol toepaste voor de reconstructie van kaarten met SST- en chlorofyl-a-concentraties.

Om deze doelstellingen te realiseren, heeft **BELCOLOUR-2** een hoogwaardig multidisciplinair team van Belgische, Franse en Australische onderzoekers samengesteld met ervaring op het gebied van aquatische optica, beeldverwerking, fysische en chemische oceanografie, ecofysiologie van fytoplankton en mariene ecologie.

De resultaten van het project hebben geleid tot een dertigtal wetenschappelijke publicaties en tot een universitaire opleidingsmodule. Een hele generatie onderzoekers heeft nog een hoop werk voor de boeg, want op het terrein wachten de



eindgebruikers op steeds vollediger informatie in de vorm van frequentere gegevens, fijnere ruimtelijke resoluties, preciezere parameters (naast de concentratie bijvoorbeeld extra informatie over de soort en de omvang van de deeltjes) en ... minder wolken!

GEOSTATIONAIRE SATELLIETEN OM WOLKEN TE OMZEILEN

De meeste vooruitgang die **BELCOLOUR-2** heeft geboekt op het vlak van spectrale eigenschappen van oceanwateren, vertrekt van gegevens van satellieten zoals MERIS, MODIS of SeaWiFS. Die draaien in een polaire baan op ongeveer 750 kilometer boven de aarde. Hun ruimtelijke en spectrale resolutie is perfect voor de observatie van zeeën en kustgebieden, maar ze leveren elke dag slechts één enkele foto van een bestudeerde zone. Als het bewolkt is, is die jammer genoeg onbruikbaar.

Daarom verlegt de interesse van onderzoekers zich naar geostationaire satellieten. Die zitten in een equatoriale baan en omdat ze zich tegen dezelfde snelheid als de aarde voortbewegen, blijven ze vast boven eenzelfde punt op het aardoppervlak 'hangen'. Dit maakt ze perfect om bijvoorbeeld de Noordzee een hele dag lang te observeren en elke dag tientallen foto's door te sturen wanneer er geen wolken zijn. Ze leveren met ander woorden een schat aan gegevens op! Natuurlijk moet je hieruit nog wel die informatie afleiden die nuttig is voor het onderzoek van de kleuren van de oceaan.

Geostationaire satellieten worden traditioneel vooral voor telecommunicatie- en meteorologische toepassingen gebruikt. Ze cirkelen op een hoogte van 36.000 kilometer rond de aarde. Vanaf een dergelijke afstand voldoende nauwkeurige gegevens aanleveren, is een echte technologische uitdaging die oceanografische

onderzoekers er tot nog toe van heeft weerhouden om te kiezen voor geostationaire satellieten als informatiebron.

Het MUMM-team (Management Unit of the North Sea Mathematical Models) heeft nu als eerste het nut van deze bestaande geostationaire platformen en meteorologische sensoren aangetoond om zwevende deeltjes in heel troebele kustwateren in kaart te brengen. Het coördineert het **GEOCOLOUR**-project dat de kwaliteit en de kwantiteit van mariene observatieproducten wil verbeteren door gebruik te maken van de gegevens van de SEVIRI-sensor aan boord van de Meteosat-satellieten. Deze sensor, die ontwikkeld is om wolken op te sporen, stuurt om de vijftien minuten waarnemingen door. Het onderzoeksproject gaat ook na of het haalbaar is om in de toekomst specifieke geostationaire sensoren te ontwikkelen om de kleur van oceanen te bestuderen.

De onderzoekers hebben technieken ontwikkeld om de SEVIRI-beelden te verwerken zodanig dat de troebelheid van het water en de hoeveelheid licht die onder water beschikbaar is voor fyto-

plankton in de Noordzee ingeschat kan worden. Gegevens over een periode van twee jaar werden op die manier verwerkt en vergeleken met metingen van boeien in zee. Ze werden vervolgens gecombineerd met de Aqua-MODIS-gegevens en met de statistische DINEOF-methode, die op een intelligente manier de 'wolkenvlekken' invult met de meest waarschijnlijke schattingen. Ook data van de GOCI-sensor werden gebruikt. Dit is het eerste geostationaire instrument specifiek bestemd voor het onderzoek van de kleuren van de oceaan, en heeft een ruimtelijke resolutie van 500 meter. Het werd in 2010 gelanceerd door het Zuid-Koreaanse Ruimtevaartagentschap met als doel het monitoren van de kustgebieden van de westelijke Stille Oceaan.

Het **GEOCOLOUR**-project heeft het belang van geostationaire sensoren om de oceaankleur te meten aangetoond. Door de hoge opnamefrequentie van de beelden kunnen variaties worden vastgesteld die verband houden met getijden zoals voor sedimenttransport (wat met één beeld per dag onmogelijk is), en kunnen op dagen met verspreide bewolking aanvullende gegevens worden verzameld.

KWALLENALARM!

De term 'kwal' dekt een hele lading gelatineuze zoöplanktonsoorten. De meesten zijn onschadelijk, maar enkelen zijn met hun giftige tentakels schadelijk voor vissen en/of mensen. Dit is het geval met de *Pelagia noctiluca*, een soort die gelukkig niet in het Belgische deel van de Noordzee voorkomt, maar die in de Middellandse Zee elk jaar voor heel wat pijnlijk ongemak zorgt. In 2007 werd in Noord-Ierland zelfs een hele zalmkwekerij door een massale invasie van deze kwalensoort verwoest. De economische schade die deze kwalen aan de aquacultuur en het toerisme toebrengen, heeft onderzoekers ertoe aangezet om een beter inzicht te verwerven in de levenscyclus van deze dieren om te proberen te anticiperen op hun verschijning in kustwateren. Het **JELLYFOR**-project heeft onderzoek verricht om een model te ontwikkelen dat de komst van giftige kwalen voorspelt aan de hand van satellietgegevens. Als studiegebieden koos het project voor Noord-Ierland en Catalonië (Spanje).

Beeldverwerkingmethoden die eerder op punt gesteld waren voor de Noordzee, werden aangepast om de gegevens van Envisat-MERIS en Aqua-MODIS over de beide onderzoeksgebieden automatisch en nagenoeg in realtime (binnen twaalf uur) te verwerken. Van drie parameters (zeeoppervlakte-temperatuur, chlorofyl-a-concentratie en troebelheid) werden volledige tijdreeksen van een tienjarige periode verwerkt en geanalyseerd. Door verbanden te leggen tussen het voorkomen van kwalen en de waarden van oceanografische parameters, kan afgeleid worden wat de gunstige en ongunstige omstandigheden zijn voor de ontwikkeling van kwalen. De verwerkingsfase van de teledetectiegegevens is met succes afgerond, maar het model levert nog geen betrouwbare prognoses op. In-situ metingen (op het strand en in zee) en een betere validatie van het model zijn noodzakelijk en worden momenteel onderzocht voor bepaalde soorten in België.

JELLYFOR – onderdeel van een project van de Europese Unie en van het Europese Ruimtevaartagentschap – heeft geleid tot een verbetering van het softwareprogramma om snel grote archieven met satellietgegevens te verwerken (zoals tien jaar aan dagelijkse gegevens). Het programma werd verregaand geautomatiseerd: het kan nu voor om het even welk punt op aarde worden geconfigureerd en is bruikbaar voor tal van andere toepassingen en regio's. Nagenoeg zonder menselijke tussenkomst levert het al na een paar uur zijn conclusies af.





De monding van de Gironde door de lens van Landsat 8.

De resultaten worden nu al gebruikt om een nieuwe generatie geostationaire sensoren te ontwikkelen die het Europese Ruimtevaartagentschap tegen 2020 boven Europa zou inzetten om de kleuren van de oceaan te registreren.

BEL-GOYA, een ander project, bouwde hierop voort door de bruikbaarheid te evalueren van polaire en geostationaire sensoren voor de aanmaak van TSM-kaarten in erg troebele rivierpluimen en estuaria. De resultaten werden vergeleken met de eigenschappen van elke sensor: opnamefrequentie, type spectraalbanden enz. **BEL-GOYA** maakte deel uit van een programma van het Franse Ruimtevaartagentschap (CNES) dat de dynamiek onderzocht van zwevende deeltjes in grote estuaria, waar biogeochemische uitwisselingen tussen het continent en de oceaan plaatsvinden. Het project bestudeerde drie testgebieden: de estuaria van de Gironde (Frankrijk), van de Rio de la Plata (Argentinië, Uruguay) en van de Jangtsekiang (China). Het **BEL-GOYA**-project boog zich over dit laatste estuarium met zijn uitermate troebele water, dat geobserveerd kon worden door de Zuid-Koreaanse GOCI-sensor.

Dankzij dit project werden voor deze uitermate troebele wateren krachtiger algoritmes ontwikkeld voor atmosferische correcties en voor de berekening van TSM. Hierbij werd gebruik gemaakt van de nabij-infraroodbanden (NIR) van sensoren voor observatie van de oceaan- kleur. Met deze nieuwe algoritmen kunnen wolken boven erg troebele wateren ook gemak-

kelijker worden gedetecteerd en kunnen pixels vlotter worden geclassificeerd, ongeacht de TSM-concentratie in het water. Op basis van de resultaten konden de onderzoekers waardevolle adviezen formuleren voor de ontwikkeling van toekomstige sensoren voor de observatie van de oceaankleur.

NIEUWE SPECTRAALBANDEN VERKENNEN

Hoewel de hogere temporele resolutie van geostationaire satellieten heel wat voordelen biedt om mariene milieus te observeren, levert een uiterst fijne spectrale en ruimtelijke resolutie dan weer andere voordelen op om het water en de waterbestanddelen te karakteriseren. Het **MICAS**-project maakte gebruik van de gegevens van de hyperspectrale APEX-sensor aan boord van een vliegtuig om de kwaliteit van kust- en binnenwateren in kaart te brengen. Op basis van hun bevindingen in drie studiegebieden (het Bodenmeer in Zwitserland, de Schelde in België en de Waddenzee in Nederland) hebben de onderzoekers, in samenwerking met de universiteit van Zürich, een specifiek algoritme ontwikkeld dat wordt geïntegreerd in een automatische verwerkingsketen van APEX-beelden.

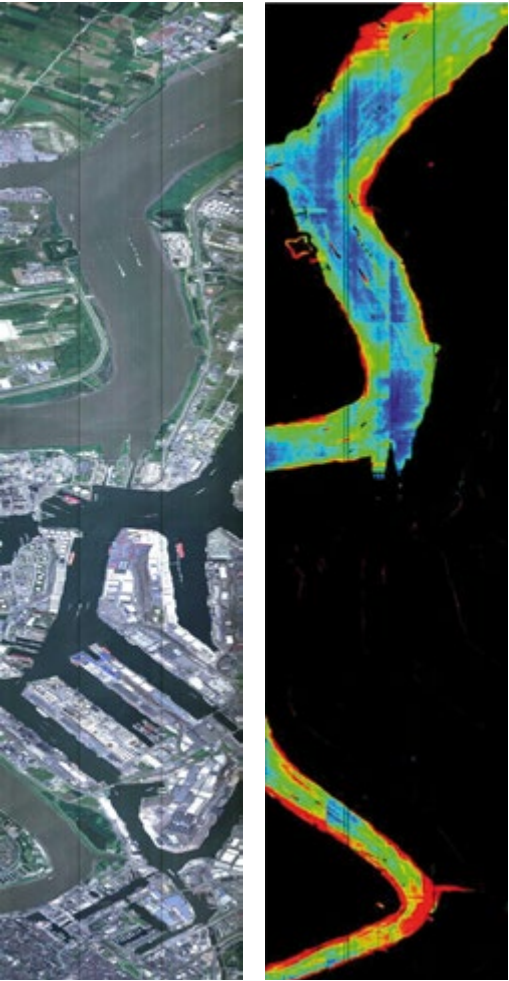
Het algoritme werd ontwikkeld om de concentratie te bepalen van chlorofyl, zwevende deeltjes en gekleurde opgeloste organische stoffen (CDOM: colored dissolved organic matter). Het 'corrigeert' een aantal fouten die met vroegere methoden vaak voorkwamen (onder andere fouten die te wijten waren aan atmosferische effecten). Toen het algoritme de APEX-beelden van de Waddenzee verwerkte, slaagde het erin om binnen de kortste keren de onderzochte watercomponenten volledig in kaart te brengen. De luchtwaarnemingen en de afgeleide kaarten kwamen bovendien perfect overeen met waarnemingen die op het terrein werden verricht. Die terreinwaarnemingen beperken zich echter tot afzonderlijke punten, terwijl de APEX-beelden ruimtelijk continue informatie leveren van de waterkwaliteit op een welbepaald tijdstip.

Het **MICAS**-project bracht ook het potentieel van de SWIR-spectraalbanden (kortegolf-infrarood) aan het licht om troebele estuaria en binnenwateren te karakteriseren. Daarom boog het **SEASWIR**-project zich over dit kanaal, dat voordien zelden werd gebruikt om oppervlaktewater te observeren (behalve om atmosferische correcties door te voeren). Helder water absorbeert dit deel van het spectrum nagenoeg volledig. De spectrale respons van de waterbestanddelen in deze golflengten is zo zwak in vergelijking met de respons in het zichtbare en nabij-infrarode deel, dat die tot nog toe zelfs voor erg troebel water als nihil werd beschouwd. Het **MICAS**-project

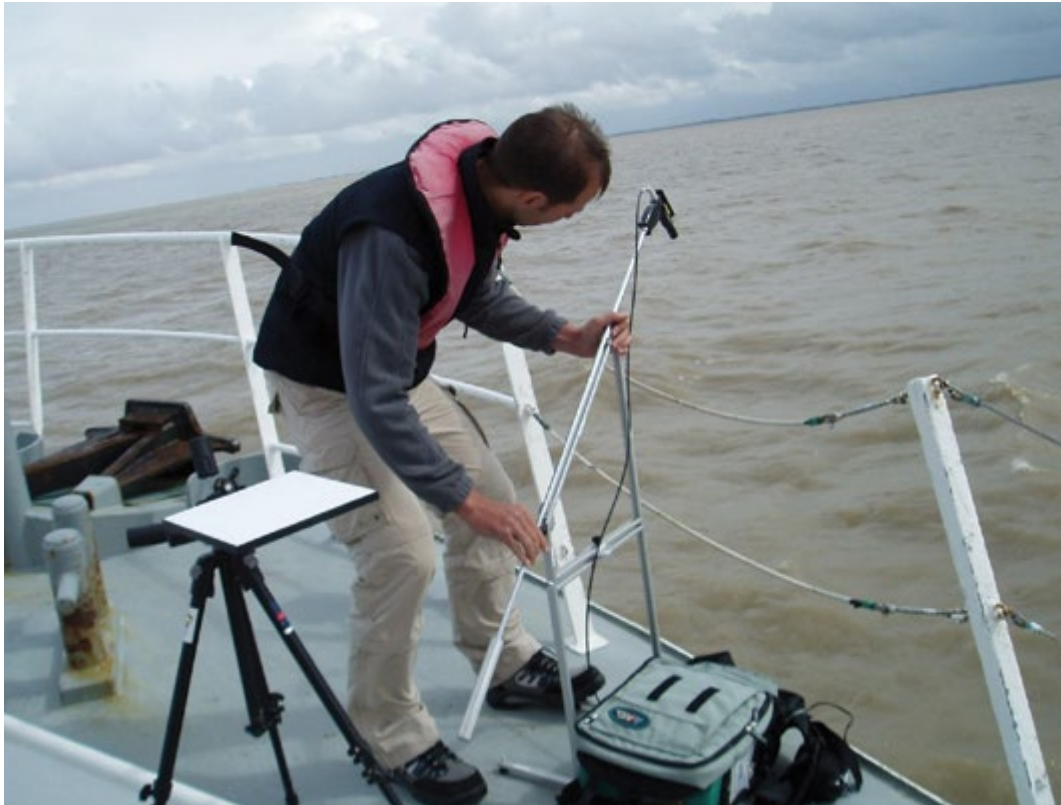
ontdekte in de Schelde echter positieve reflectie-metingen in het SWIR, die het gevolg waren van concentraties aan zwevende deeltjes. De **SEASWIR**-onderzoekers gingen daarom uit van een spectrale respons van water in het SWIR en begonnen op het terrein gegevens te verzamelen om de variabiliteit van die reflectie te achterhalen. Omdat er nog geen specifieke meetinstrumenten voor water bestaan, gingen ze in drie testgebieden – de Schelde in de buurt van Antwerpen, de Gironde en de Rio de la Plata – aan de slag met een instrument om spectrale metingen op land uit te voeren. Dit leverde in de drie gevallen een duidelijk signaal op. Zowel voor de Schelde als voor de Gironde kon bovendien een verband worden aangetoond tussen het signaal en de concentratie aan zwevende sedimenten. SWIR zou met andere woorden heel nuttig kunnen zijn om de kwaliteit van erg troebel water te meten, waar de concentraties aan sedimenten en algen zo groot zijn dat het signaal in de kortere golfbereiken vaak gesatureerd is. Het Europese Ruimtevaartagentschap heeft trouwens een SWIR-kanaal toegevoegd aan het nieuwe instrument voor de observatie van de oceaankleur aan boord van de toekomstige Sentinel-3-satelliet.

KAARTEN MET GATEN

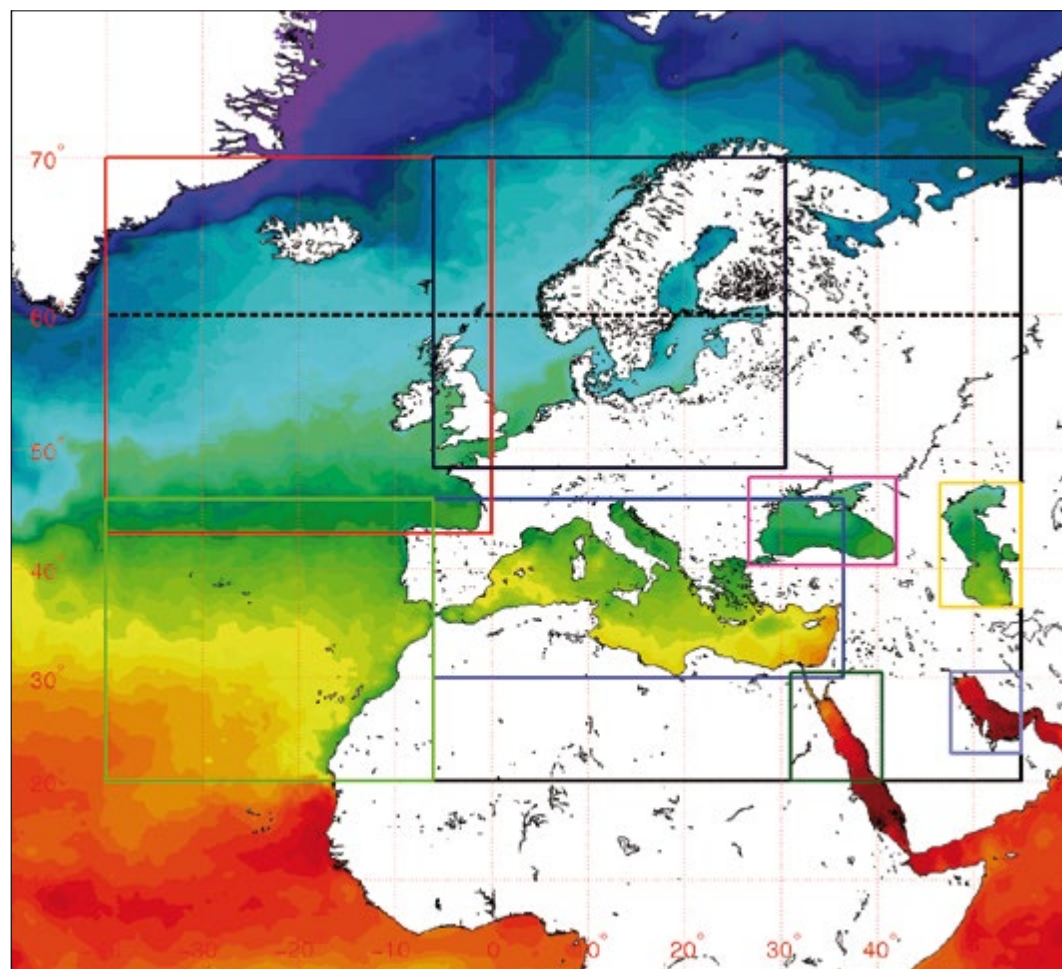
Het mariene milieu is buitengewoon dynamisch. Voor heel wat studies is het cruciaal om over volledige tijdreeksen van de volledige geobserveerde zone te beschikken. Die beeldreeksen vertonen echter vaak lacunes omdat er wolken waren, omdat de beeldkwaliteit slecht was of omdat er op het gewenste tijdstip geen opnames werden gemaakt.



Hyperspectraal APEX-beeld van de Schelde, en kaart van de sedimentconcentratie.



De oppervlaktetemperatuur van het zeewater en afbakening van de studiegebieden van het BESST-project.



Het **RE-COLOUR**-project ging na of het DINEOF-algoritme (zie **GEOCOLOUR** -project) kon worden gebruikt om de volledige spatiotemporele informatie voor drie parameters (chlorofyl-a, TSM, SST) over een periode van vier jaar te reconstrueren in het zuidelijke deel van de Noordzee.

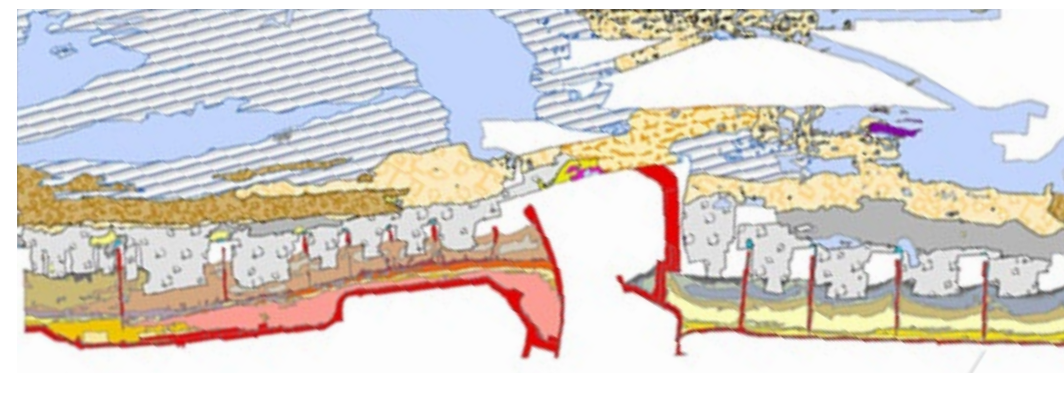
De techniek werd met succes toegepast en leverde voor de drie parameters volledige gegevensreeksen met betrouwbaarheidsinterval op. Uit regelmatige, dagelijkse reconstructies konden de onderzoekers gemiddelde week- en maandwaarden afleiden. De techniek laat ook toe om 'verdachte' pixels op te sporen die afwijken van de globale dynamiek (meestal te wijten aan de onvolledige detectie van wolken). Het verbeterde DINEOF-algoritme en de gereconstrueerde TSM- en chlorofyl-a-gegevens hebben hun nut bewezen voor allerlei ecologische onderzoeken. De resultaten effenen het pad voor andere toepassingen in verband met de verwerking en de kwaliteitscontrole van optische teledetectiegegevens.

DE WATERTEMPERATUUR: NIET ENKEL VAN BELANG VOOR ZWEMMERS

De temperatuur van het zeeoppervlak (SST) is een belangrijke parameter voor oceanografie, meteorologie en klimatologie. Deze temperatuur is bepalend voor de uitwisseling van warmte en vochtigheid tussen het zeeoppervlak en de atmosfeer. Vanaf het einde van de 19e eeuw

werd de oppervlaktetemperatuur gemeten met schepen en vervolgens met zeeboeien. De afgelopen 30 jaar worden hiervoor ook satelliet-sensoren gebruikt die in staat zijn om de infraroodstralingen (IR) en de microgolven op te vangen die het wateroppervlak reflecteert. Deze satellietmetingen hebben een hoge ruimtelijke resolutie (ongeveer één kilometer) en tijdsresolutie (enkele ren). Toch zijn er nog enkele problemen: de infraroodstralen die het zeeoppervlak uitstuurt, worden immers afgezwakt door stoffen in de atmosfeer, vooral door waterdamp. Bovendien zijn de gegevens afkomstig van sensoren met verschillende kenmerken, waardoor ze soms moeilijk combineerbaar zijn.

De AATSR-sensor aan boord van de Envisat-satelliet (die in 2012 ophield met werken) registreerde de verticale en naar voren gerichte straling. Hierdoor konden atmosferische correcties en dus ook de SST nauwkeuriger worden bepaald. Omdat het gezichtsveld van de sensor echter relatief klein was, deed hij er twee tot drie dagen over om de hele aarde af te tasten. Andere IR-sensoren (zoals de AVHRR aan boord van de MetOp-A-satelliet en de SEVIRI aan boord van Meteosat) hebben geen dubbel zicht, maar wel een veel breder gezichtsveld zodat ze de aarde tegen een veel hogere frequentie kunnen observeren (tweemaal per dag voor MetOp en elk kwartier voor SEVIRI).



De onderzoekers van het **BESST**-project gingen na hoe ze de gegevens van deze verschillende bronnen konden homogeniseren. Samen met het Centre de Météorologie Spatiale van Météo-France probeerde het team de voordelen van de verschillende soorten sensoren te bundelen door de nauwkeurigheid van de SST-metingen te verbeteren en tegelijk de grote dekkingsgraad te behouden. Ze pasten de DINEOF-reconstructietechniek aan om verbeterde versies van de SST-kaarten van de Europese zeeën te maken. DINEOF vult de ontbrekende gegevens en de afwijkingen tussen de gegevenssets aan door de onderlinge spatiotemporele verbanden op te sporen. Dankzij deze innovatieve methode werden de ruimtelijke en temporele afwijkingen tussen de gegevens van de verschillende sensoren verkleind. Météo-France, een van de grootste leveranciers van SST-kaarten ter wereld, is van plan om ze in haar processen te integreren. Dankzij deze verbeterde SST-metingen zullen weersvoorspellingen en klimaatstudies nauwkeuriger worden.

Hetzelfde team streefde er in het kader van het **HISEA**-project naar om SST-gegevens te produceren die de voordelen van polaire satellieten (hoge ruimtelijke resolutie) en geostationaire satellieten (hoge tijdsresolutie) combineren. Ze ontwikkelden een geavanceerde versie van DINEOF om de gegevens van de polaire, AVHRR-sensor (ruimtelijke resolutie van 2 kilometer, 2 beelden per dag) en van de geostationaire SEVIRI-sensor (ruimtelijke resolutie van 6 kilometer, 1 beeld om het kwartier) samen te voegen. Bij tests in de Middellandse Zee leverde deze methode schattingen van de oppervlaktetemperatuur op met een hogere ruimtelijke en tijdsresolutie. Deze resultaten geven een beter beeld van de dagelijkse evolutie en de ruimtelijke variatie van de SST die erg aan weersinvloeden onderhevig is (regen, wolken, zon en wind).

De methode is met succes toegepast op een andere variabele – zwevende deeltjes in de Noordzee – en heeft zo zijn potentieel aangetoond voor toepassing in andere gebieden en voor nieuwe parameters zoals de saliniteit van het oppervlaktewater. Het nieuwe DINEOF-OI-algoritme kan op elke parameter en in elk studiegebied worden toegepast. Een algemene

code ervan werd gratis ter beschikking gesteld van de wetenschappelijke gemeenschap, om het gebruik ervan te veralgemenen.

DE KUST IN ÉÉN STUK IN KAART BRENGEN

Vandaag worden satellietbeelden vaak gebruikt om de dynamiek van kustgebieden te bestuderen. Om het intergetijdengebied te bestuderen – het deel van de kust tussen de hoogste en de laagste waterstanden – heb je andere technieken nodig. Het **INSHORE**-project onderzocht de mogelijkheid om het kustgebied in zijn geheel in kaart te brengen om de morfologie van de kuststreek en de dynamiek van sedimenten te kunnen bestuderen. Er werd een veldcampagne georganiseerd over vier kilometer van de Oostende kust. Om de stad te beschermen, werd het strand van Oostende tussen 2004 en 2008 met grote hoeveelheden zand opgehoogd. De mobilisatie ervan door golven, getijden en stormen zal opgevolgd kunnen worden door de opmaak van een globale kaart.

Nieuw bij dit project was de combinatie van gegevens afkomstig van sensoren aan boord van vliegtuigen (hyperspectrale sensoren, LiDAR) en van onderwatersensoren (echolood, side scan sonar). Dankzij de gedetailleerde informatie die de hyperspectrale gegevens opleverden, konden 16 klassen zand op het strand worden gedetermineerd (op basis van hun korrelgrootte, hun water- en ijzergehalte en hun mineralogische samenstelling). Door de meetcampagnes te herhalen, konden zandverplaatsingen worden vastgesteld. Voor een correcte interpretatie moeten ze echter aan de hoogteverschillen op het strand worden getoetst. Die zijn afgeleid uit de LiDAR-gegevens die de dienst voor kustbewaking regelmatig verzamelt.

Onder water werd een echolood ingezet om morfologische veranderingen vast te stellen (verdichtingsgraad, oppervlakteruwheid enz.) en met de side scan sonar werden 12 klassen zand geïdentificeerd. De studie gaf voorrang aan zones waar de akoestische onderwatergegevens en de optische luchtgegevens met elkaar overeenkwamen. Nooit eerder werden zo gedetailleerde kaarten aangemaakt. Ze sluiten perfect aan bij gegevens van officiële studies over de biologische monitoring of de voortgang

Finale classificatie van het studiegebied van het INSHORE-project met daarin zowel subgetijdeselementen als sedimentklassen op basis van sonar- en luchtopnamen.



Het ALGASED-team op het terrein.
Rechts: hyperspectraal beeld van de IJzermondingsite, die door het project werd bestudeerd.

van de toegangswerken in de havenvaargeul. De methode die het project heeft ontwikkeld, is een aanrader voor de kartering van uiterst dynamische kustgebieden en voor de studie van de sedimentatie wanneer een hoge precisiegraad is vereist.

SLIKKEN IN DE NOORDZEE, EEN UNIEK MILIEU

De kustgebieden en estuaria rondom de Noordzee zijn van heel groot belang. Deze getijdenslikken vormen niet alleen een buffer tegen golven en een zone voor economische ontwikkeling, maar ze spelen ook een cruciale rol in de werking van ecosystemen. In de slikken, rivieroeveren die bij eb droogvallen, vinden belangrijke biologische, fysische en chemische processen plaats. De erosie van deze slikken kan leiden tot een daling van de productiviteit van dit rijke milieu en kan het scheepvaartverkeer hinderen door de opstapeling van sedimenten in de vaargeulen.

De stabiliteit van de slikken wordt niet alleen beïnvloed door externe factoren zoals golven en stromingen, maar ook door de biofysische eigenschappen van de sedimenten zelf. Het **ALGASED**-project probeert een beter zicht te krijgen op de variabiliteit van deze biofysische eigenschappen op verschillende ruimtelijke en tijdschalen. Het doet hiervoor een beroep op multi- en hyperspectrale gegevens van instrumenten aan boord van satellieten en vliegtuigen.

Samen met Nederlandse en Britse partners hebben de onderzoekers hun aandacht op twee aspecten gericht: het karakteriseren en classificeren van de sedimenten en het kwantificeren van de microfytobenthos (MFB), de eencellige algen die een microfilm van enkele millimeters bovenop de getijdenplaten vormen. Twee getijdenslikken – de IJzermonding in België en de Molenplaat in Nederland – werden aan de hand van hyper- en multispectrale gegevens en in-situgegevens bestudeerd.

Met het project werd op verschillende vlakken vooruitgang geboekt:

- betere classificatietechnieken (met en zonder toezicht);
- karakterisering van sedimenten met multispectrale beelden;
- kwantificering van de biomassa van het MFB



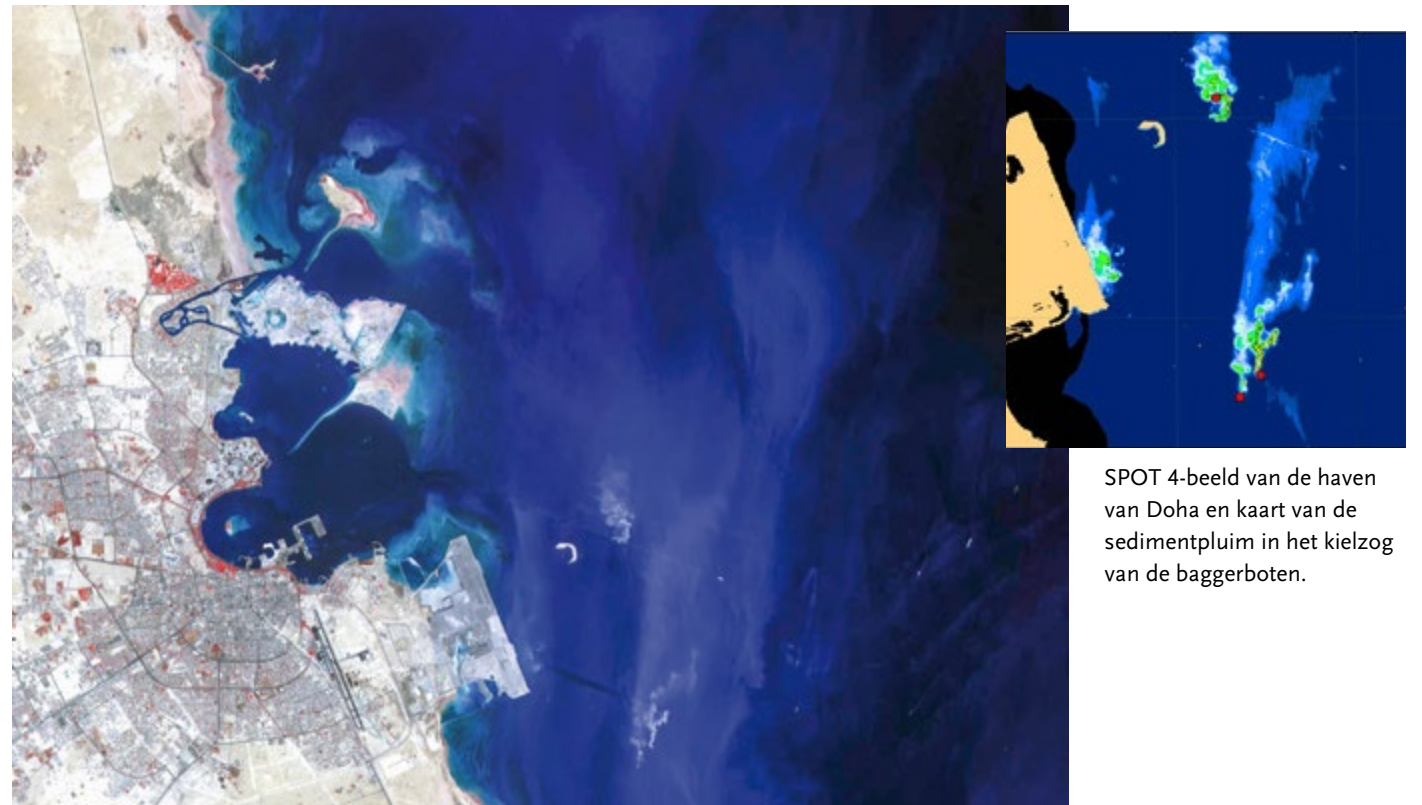
en modellering van de primaire productie dankzij twee indexen (NDVI en Red Edge) die zowel voor lucht- als satellietbeelden efficiënt, betrouwbaar en toepasbaar blijken te zijn;

- integratie van allerlei gegevens (terrein, lucht en satelliet) via een meerschallige aanpak om volledige kaarten van de biofysische eigenschappen van de sedimenten te maken.

Het project bezorgde de eindgebruikers classificaties van alle hyperspectrale gegevens, kaarten van sedimenteigenschappen en kaarten over het voorkomen van biofysische eigenschappen. De ontwikkelde methoden effenen het pad voor toepassing op nieuwe datasets uit de bestudeerde gebieden of uit andere locaties met het oog op validatie van hun toepasbaarheid op alle ecosystemendiensten in estuaria.

MILJOENEN M³ SEDIMENT BAGGEREN

Elk jaar verwijderen baggerfirma's meer dan 2 miljoen m³ sediment uit de Scheldemonding, zodat almaar grotere containerschepen de Antwerpse haven kunnen bereiken. Een van de opdrachten van de Antwerpse firma IMDC (International Marine and Dredging Consultants) is het adviseren van de baggerfirma's. Daartoe heeft ze precieze en actuele informatie over de ruimtelijke variaties in sedimentconcentratie nodig om sedimenttransportmodellen te ijken en te valideren. Dit alles om de baggeroperaties en de inplanting van haveninfrastructuur zo goed mogelijk te plannen. Teledetectie levert in dit verband waardevolle informatie op om de uitermate tijdrovende traditionele monsternames aan te vullen. De firma beschikt over software om zwevende sedimenten in de Schelde in kaart te brengen. Dit werd ontwikkeld op basis van beelden gemaakt tijdens één enkele vlucht in de lente.



SPOT 4-beeld van de haven van Doha en kaart van de sedimentpluim in het kielzog van de baggerboten.

Het **RESORT**-project zet het onderzoek voort en gaat na in welke mate deze software ook bruikbaar is tijdens andere seizoenen en in andere gebieden.

Aan de hand van hyperspectrale gegevens, waterstalen en optische metingen voor de Schelde zijn onderzoekers erin geslaagd om een algoritme uit te werken om sedimenten in kaart te brengen. Tests tonen aan dat dit algoritme het hele jaar door betrouwbare resultaten oplevert. De reproduceerbaarheid van de methode werd met behulp van satellietgegevens in de haven

van Doha (Qatar) in de Perzische Golf en in het Panamakanaal getest. Multispectrale SPOT-beelden met hoge resolutie hielpen bij de identificatie van baggerboten, bij het volgen van zwevende sedimentpluimen en het opmeten van hun omvang en richting. De vooruitgang die met het project is geboekt, heeft de gebruikers (IMDC, baggerfirma's, maar ook onderzoekslaboratoria) overtuigd van de meerwaarde van teledetectie voor het ijken/valideren van de sedimenttransportmodellen en voor het monitoren van de baggeroperaties.

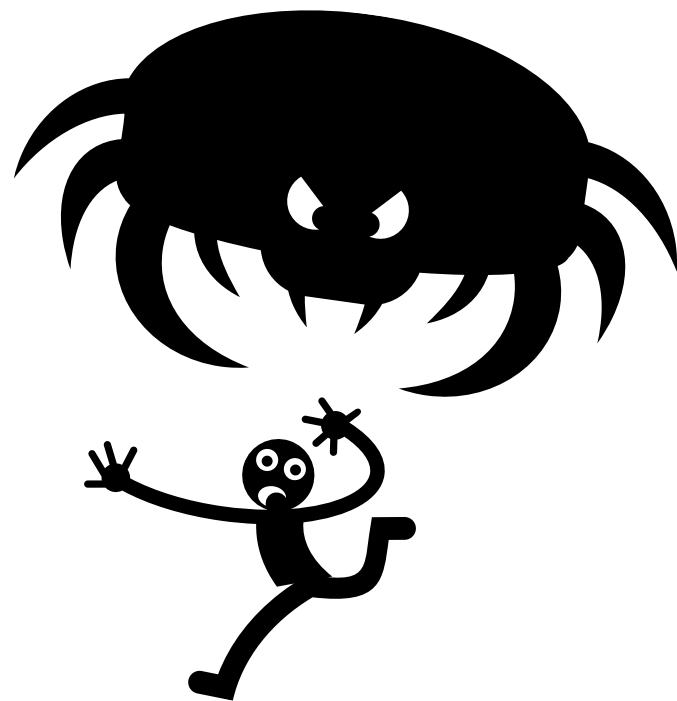


SENTINEL-3: BEWAKERS VAN DE ZEE

Binnen het kader van het Copernicus-aardobservatieprogramma voor milieu en veiligheid van de Europese Unie is een van de taken van de Sentinel-missies van het Europese Ruimtevaartagentschap het monitoren van zeeën en oceanen. Dit moet betrouwbare en frequente gegevens opleveren over de toestand en de evolutie van oceanen en kustgebieden. De Sentinel-3-satellieten zullen verschillende observatie-instrumenten aan boord hebben, die accurate informatie moeten leveren over belangrijke mariene parameters zoals de kleur van de oceaan, de oppervlaktetemperatuur en de hoogte van het oceaanoppervlak. In overeenstemming met het beleid van vrije toegang tot de Sentinel-gegevens, wordt deze informatie gratis aan alle gebruikers ter beschikking gesteld. Zo wil men tegemoetkomen aan de uiteenlopende specifieke toepassingen voor het mariene milieu:

- **mariene veiligheid** (scheepvaartverkeer, gevoelige zones voor piraterij, olievervuiling, enz.);
- **rijkdommen van de zee** (visbestanden, fossiele en minerale energiebronnen, windenergie, getijdenenergie, golfslagenergie, thermische energie enz.);
- **zee- en kustmilieu** (invloed van natuurlijke processen, menselijke ingrepen en klimaatverandering);
- **seizoensgebonden en klimaatprognoses** (klimaatstommelingen, seizoensomstandigheden, impact op fenomenen zoals El Niño, waarschuwingen voor extreme weersomstandigheden enz.);
- **zee-ijs** (seizoens- of meerjarig ijs, drijvende ijsschotsen).

ZIEKTEN BESTRIJDEN VANUIT DE RUIMTE



Dit artikel is gebaseerd
op de onderzoeksprojecten

MULTITICK
BUSHTICK
TICKRISK
EPISTIS
EPIDEMOIST
DYNMAP
SATHALI

Om de dreigende verspreiding van
besmettelijke ziekten tegen te gaan,
zoekt epidemiologie het hogerop.
Tele-epidemiologie koppelt
gegevens die op het terrein worden
verzameld, aan satellietgegevens om
infecties op te sporen en te voorkomen.

Malaria, de ziekte van Lyme, leverbotziekte, blauwtong: deze ziekten winnen elk jaar terrein en de kans op epidemieën neemt toe. Wat hebben ze gemeen? Ze worden allemaal overgedragen door kleine organismen, vaak geleedpotigen (muggen, vliegen, teken, luizen of vlooiën). Die noemen we vectoren of overdragers omdat ze de infectiekiemen van de ene drager naar de andere vervoeren. De verspreidingsgebieden van deze vectoren worden echter geleidelijk groter: door klimaatveranderingen komen ze nu ook voor op hoogten en op breedtegraden die tot nog toe gespaard bleven. Nieuwe, vaak erg kwetsbare regio's krijgen het hierdoor erg hard te verduren. Om de plaag het hoofd te bieden, wordt intensief onderzoek verricht om de spatio-temporele dynamiek van deze ziekten te achterhalen en om risicozones in kaart brengen. Dit moet het mogelijk maken om beter te anticiperen en epidemieën doeltreffender in te dijken.

EPIDEMIOLOGIE ZOEKT DE RUIMTE OP

Tele-epidemiologie combineert uiteenlopende terreindatasets (fysische factoren zoals temperatuur of vochtigheid, biologische waarnemingen, gezondheidsgegevens, sociaaleconomische gegevens enz.) met gegevens van observatie-satellieten (klimaat, milieu, bodemgebruik enz.). Deze discipline laat toe om de mechanismen achter het opduiken, de verspreiding en de overdracht van infectieziekten te analyseren. In eerste instantie wordt de samenhang tussen klimaat, milieu en gezondheid grondig onderzocht. Vervolgens wordt het verband tussen de infectieziekten en de omgeving waarin ze ontstaan aan het licht gebracht. Dit kan allemaal dankzij de ruimtevaarttechnologie. Het uiteindelijke doel is om de volksgezondheidssector

gereedschap te bezorgen zoals risicokaarten, die toelaten om epidemieën te volgen en te voorspellen.

Er bestaat een groot aantal statistische en niet-statistische tools om het werk van de epidemiologen te verlichten: kwantificering van ziektegevallen, bepaling van doorslaggevende kenmerken van getroffen gebieden, identificatie van risicogebieden, voorspellingsmodellen, preventieprogramma's enz. Bij elke stap in dit onderzoek speelt teledetectie een rol.

HOE TEKEN DE WERELD VEROVEREN

Teken reizen. Op hun gastheer verplaatsen ze zich heel eenvoudig van het ene naar het andere continent. Omdat ze uiterst gevoelig zijn voor klimaatveranderingen en voor lokale schommelingen in temperatuur, blootstelling- en vochtigheid, verandert hun verspreidingsgebied constant en breidt het zelfs uit. Van alle vectorziekten in Europa worden de meesten door teken overgedragen. Elk jaar worden duizenden mensen door de ziekte van Lyme getroffen en hun aantal blijft stijgen.

Het **MULTITICK**-onderzoek ging na welke omgevingsfactoren invloed hebben op de verspreiding van tekenziekten in Europa. De onderzoekers richtten hun aandacht op de ziekte van Lyme in België en in de Baltische staten. Teken en de dragerdieren waarop ze overleven, hebben een specifieke habitat die afhangt van hun behoeften en die gekoppeld is aan bepaalde omgevingsfactoren (soort vegetatie, temperatuur enz.). Sommige factoren kunnen uit teledetectiegegevens worden afgeleid en vervolgens in modellen worden verwerkt om vast te stellen welke omgevingen het uitbreken van de ziekte in de hand werken.

Het bijzondere aan de studie was dat verschillende factoren (milieu, mens, enz.) werden onderzocht op verschillende schalen. Eerdere studies focussten meestal op één factor en één specifieke schaal (bijvoorbeeld gegevens over bodemgebruik afgeleid uit beelden met een hoge resolutie of klimaatgegevens afgeleid uit beelden met een lage resolutie). Het onderzoeksteam combineerde schalen door beelden met een hoge en een lage resolutie en verschillende statistische technieken om alle gegevens samen te voegen. De resultaten bevestigden dat de ruimtelijke verspreiding van tekenziekten bepaald wordt door een geheel van factoren die op verschillende schalen spelen. Uit het project bleek ook dat omgevingsfactoren alleen niet alles verklaren: de manier waarop de mens met zijn omgeving omgaat en zijn omgeving aanpast, speelt ook een rol. Het onderzoek leidde tot een nieuwe, geïntegreerde visie op de omgeving en de ecologie van ziekten.



Bordjes wijzen wandelaars bij het betreden van Letse bossen op de gevaren verbonden aan teken.



Rhipicephalus microplus, een tropische teek die recent in West-Afrika is aangekomen, bedreigt de groei en de melkproductie.

© M. Madder

© S. Vanwambeke



Het verzamelen van teken in een verlaten weide in zuidelijk Noordwegen voor het BUSHTICK-project.

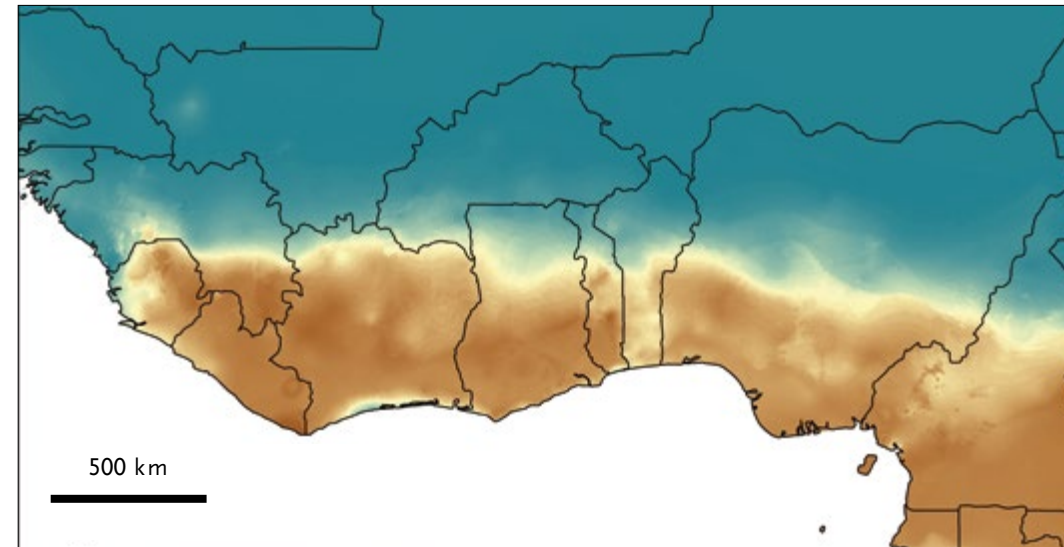
Hetzelfde team is nu ook betrokken bij het **BUSHTICK**-project. Dit project onderzoekt de dynamiek van verlaten landbouwgronden om een beter beeld te krijgen van de impact van veranderingen in het bodemgebruik op de mogelijke aanwezigheid van teken en ziekten. In het zuiden van Noorwegen – het studiegebied voor dit project – stellen we vast dat de uitbreiding van het verspreidingsgebied van teken gepaard gaat met een toename van tekenziekten bij mens en dier. Het onderzoek spitst zich specifiek toe op gebieden met lage begroeiing, met andere woorden landbouw- of weidegronden die niet langer worden bewerkt en waar de natuur opnieuw het heft in handen neemt. We weten dat teken vaak voorkomen in bossen, maar over dit soort gronden die opnieuw verruigen, is weinig informatie beschikbaar. Gebieden die niet langer worden onderhouden, zijn minder blootgesteld aan wind en worden minder belopen, waardoor er wellicht meer teken voorkomen dan in een weide of op een veld.

Het project moet leiden tot een kaart die de ontwikkeling van de vegetatie gedurende de afgelopen drie decennia weergeeft om meer inzicht te verwerven in het verwilderingsproces van verlaten landbouw- en weidegronden. Om geleidelijke veranderingen in de dichtheid van de vegetatie te kunnen opsporen, hebben de onderzoekers verschillende classificatiemethodes voor landgebruik getest. Van elk van de methodes hebben ze de beste elementen uitgekozen. Zo laat een aantal methodes toe om de structuur van het landschap te analyseren door het bodemgebruik op een bepaald

tijdstip te classificeren, terwijl andere methodes tijdreeksen afleiden uit continue informatie, wat interessanter is om geleidelijke processen te bestuderen. Het team wil verruigingskaarten opmaken door de pluspunten van verschillende methodes te combineren. Hiermee zullen ze de impact kunnen bepalen van bodemgebruiksveranderingen en landbeheer op de aanwezigheid van teken en het opduiken van tekenziekten.. Uiteindelijk willen de onderzoekers het complexe kluwen van wisselwerkingen ontwarren tussen omgevingsvariabelen, bodemgebruik en tekenziekten.

TEKENSPRONG

De tropische tekensoort *Rhipicephalus microplus* werd voor het eerst in 2006 in Benin gespot. Waarschijnlijk is ze via Braziliaanse koeien op



Een risicokaart voor de aanwezigheid van *R. microplus* in West-Afrika wordt opgemaakt door de gunstige klimaatzones voor deze vector af te bakenen.

het Afrikaanse continent terechtgekomen. Vóór 2007 was er in West-Afrika geen spoor van te vinden. Deze gevaarlijke tekensoort veroorzaakt bloedarmoede, en aandoeningen van de huid en de uiers. Ze draagt verschillende ziekten bij vee over zoals babesiosis en anaplasmoses, die hoge koorts veroorzaken en leiden tot gewichtsverlies, een daling van de melkproductie en soms zelfs tot de dood van het rund. De boeren betalen een zeer hoge prijs voor deze ziekten.

Omdat de teek immuun is voor verdelgingsmiddelen, is het uiterst moeilijk om ze uit te roeien als ze zich eenmaal heeft gevestigd. Het gevaar dat het verspreidingsgebied van de teek zich uitbreidt, is uitermate groot en wordt bovendien in de hand gewerkt door gangbare veehoudtechnieken in West-Afrika. Het vee wordt er niet in afgesloten weiden gehouden, maar moet zich verplaatsen op zoek naar water en voedsel. Op die manier kunnen teken meer dan honderd

kilometer meereizen.

Het **TICKRISK**-project werd opgezet door de Universiteit catholique de Louvain (UCL), het Instituut voor Tropische Geneeskunde in Antwerpen en de universiteit van de Spaanse stad Zaragoza. Hun doel was het in kaart brengen van de mogelijke habitats van teken in West-Afrika, om zo de overheid te helpen bij het opzetten van een gericht toezicht. Met behulp van de smartphone-app VECMAP konden mensen op het terrein gegevens verzamelen en centraliseren. Aan de hand van teken die in Benin werden verzameld, konden onderzoekers bepalen in welke omstandigheden ze het beste gedijen. Aan de hand van deze informatie en van satellietgegevens hebben ze een gedetailleerde kaart van het invasierisico in West-Afrika kunnen opmaken. Uit deze kaart blijkt dat enorme delen van het onderzoeksgebied in feite risicozones zijn.

VECMAP, EEN SMARTPHONE-APP

VECMAP werd ontwikkeld door de firma AVIA-GIS, in samenwerking met onder andere de **EPIDEMOIST**- en **TICKRISK**-teams. Het is een hulpmiddel om ziekten te beheersen die door vectoren zoals vliegen of teken worden overgedragen (malaria, chikungunya enz.).

De app neemt alle stappen van het karteren van risicogebieden voor haar rekening: van de staalnames tot de uitwerking van een ruimtelijk model. Ze maakt het verzamelen op het terrein gemakkelijker en nauwkeuriger dankzij het gebruik van smartphones. De gegevens kunnen op elk moment worden opgeslagen in een centrale databank. Terreingegevens helpen bij het bepalen van de verspreiding van vectoren, satellietbeelden leveren dan weer indicatoren aan zoals zonale seizoensverschillen en vegetatie-indices. Door beide types gegevens te combineren, wordt ook het opstellen van statistische modellen veel gemakkelijker.





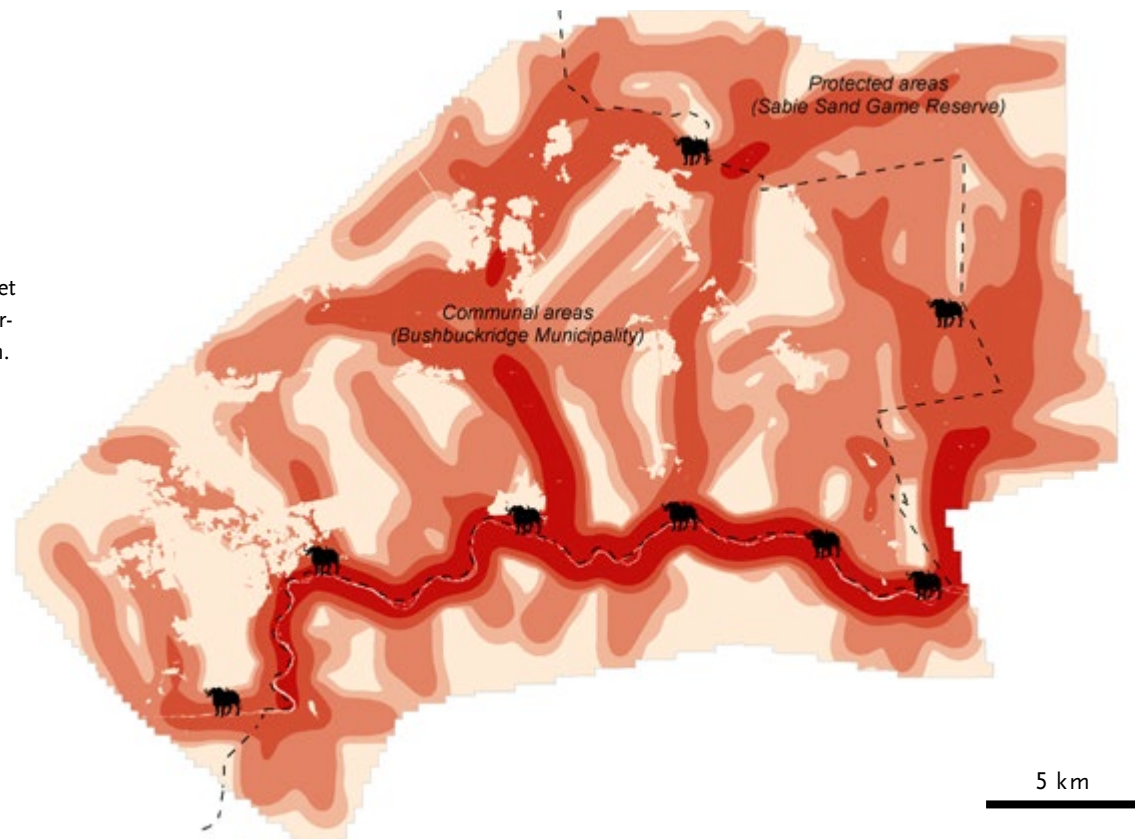
MODELLEN OP MAAT

Om de Belgische knowhow te consolideren, ging in 2006 het **EPISTIS**-onderzoek van start voor een duur van meer dan vier jaar. Het is de bedoeling om een netwerk op te zetten van expertise in ruimtevaarttechnologie toegespitst op epidemiologie. De teams hebben verschillende tools ontwikkeld die gebruik maken van teledetectie om een betere kijk te krijgen op de spatio-temporele dynamiek achter de overdracht van ziekten. De resultaten kunnen lokale bestuurders en veeartsen helpen bij het nemen van cruciale beslissingen. Ruimtelijke epidemiologie vergt een multidisciplinaire aanpak. Aan het groot-schalige **EPISTIS**-project werkten zeven partners mee gespecialiseerd in aanvullende takken van de wetenschap: specialisten in teledetectie en epidemiologie bundelen hun technieken en hun aanpak. Deze verrijkende samenwerking zet de teams van universiteiten en kmo's aan om op een vernieuwende manier te gaan nadenken.

Twee cases worden uitgekozen. Ze verschillen sterk, maar hun epidemiologische kenmerken en de specifieke controlestrategieën vullen elkaar uitstekend aan. De eerste case buigt zich over de aanwezigheid en de verspreiding van blauwtong, een vectorziekte die voorkomt in België, Italië en in het Middellandse Zeegebied. De tweede case gaat over de dynamiek en de overdracht van mond- en klauwzeer, een uiterst besmettelijke ziekte die voorkomt in het nationale Krugerpark in Zuid-Afrika. De belangrijkste factoren bij een vectorziekte zijn degene die invloed hebben op de dynamiek en de vestiging van geïnfecteerde vectoren. Bij een besmettelijke ziekte wordt voor-

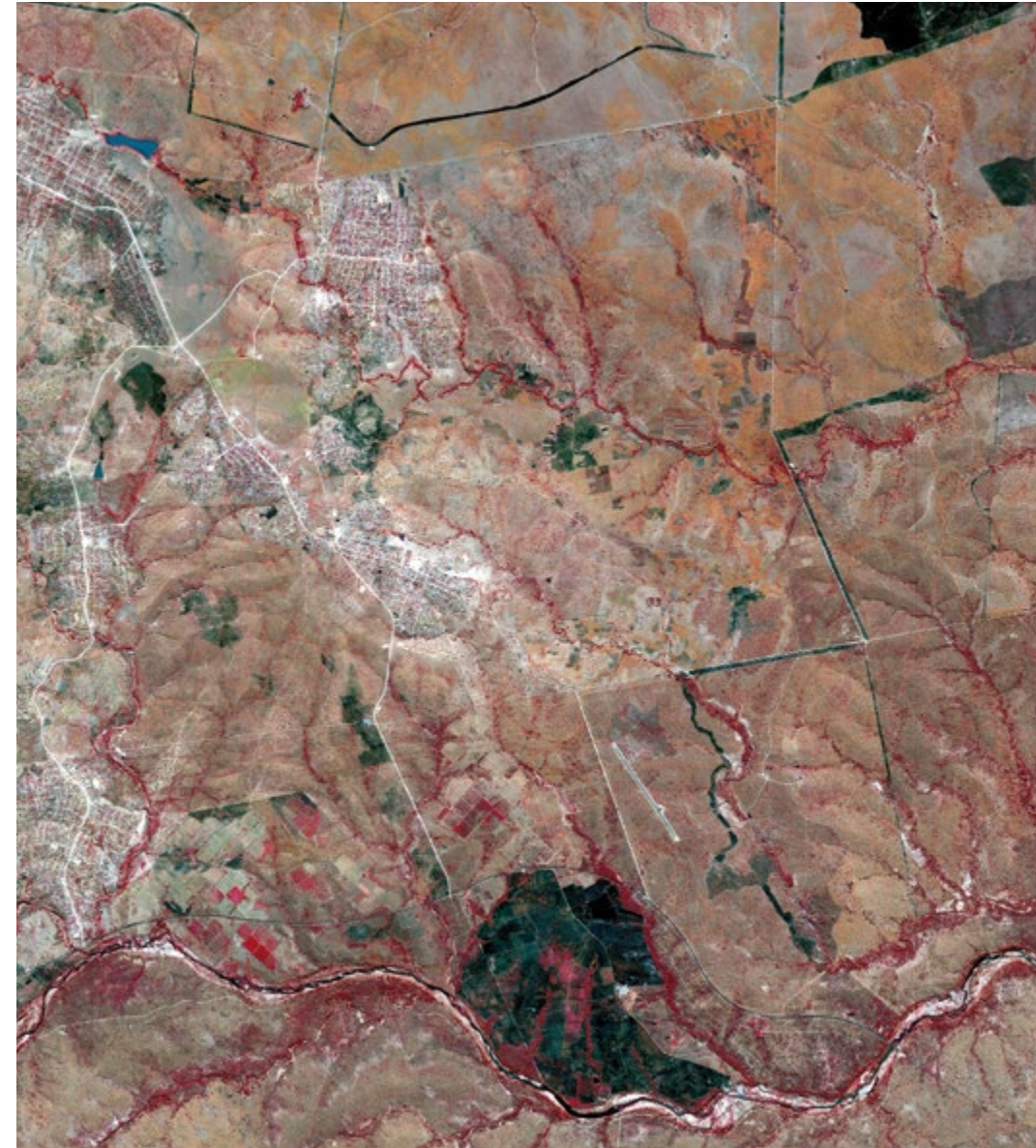


Risicokaart van contact tussen wilde buffels van het wildreservaat in het Krugerpark en het vee daarbuiten.



TELE-EPIDEMOLOGIE

MULTITICK
BUSHTICK
TICKRISK
EPISTIS
EPIDEMOIST
DYNMAP
SATHALI



WorldView-2-beeld in valse kleuren (nabij-infrarood, rood, groen) van de studiesite van het project EPISTIS in Zuid-Afrika, genomen tijdens het droge seizoen (juli 2012). Je kan duidelijk verschillende verbrande gebieden zien.

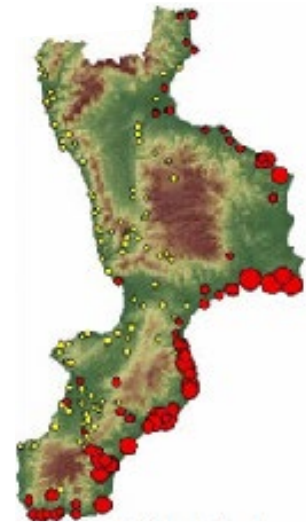
al aandacht besteed aan de mogelijke contacten tussen besmette en niet-besmette dieren. Hierbij speelt de doeltreffendheid van de opgetrokken barrières om contacten te voorkomen een grote rol, net als de factoren die invloed hebben op de verplaatsing van de besmette dieren.

Hoewel de onderwerpen heel specifiek zijn, is de nieuw ontwikkelde aanpak ook bruikbaar bij andere ziekten met vergelijkbare kenmerken (zelfs ziekten bij mensen). Het onderzoek begint met een epidemiologische analyse die gegevens verzamelt over het voorkomen van de ziekte, de vectoren, mogelijke gastheren, wilde fauna, vee en mensen. Die wordt aangevuld met gegevens zoals bodemkaarten en topografische indicatoren. Daaraan worden satellietgegevens met een lage, gemiddelde, hoge en heel hoge resolutie toegevoegd die worden gebruikt om verschillende modellen op verschillende schalen uit te werken. Hiermee kan een distributiemodel op nationale of regionale schaal worden opgesteld, alsook een model van plaatselijke verspreiding of een model op basis van beelden met een heel hoge resolutie voor een uiterst gedetailleerd resultaat voor een bepaalde zone.

Alle modellen worden vervolgens in een spatio-temporeel informatiesysteem (STIS) geïntegreerd en als ondersteunend instrument bij de besluitvorming gebruikt.

De einddoelstellingen zijn: toekomstige verspreidingsrisico's inschatten, de doeltreffendheid van barrières bepalen en de beheersing van en het toezicht op de ziekte verbeteren. **EPISTIS** heeft geleid tot een echt Belgisch expertisenetwerk voor tele-epidemiologie en heeft een groot aantal vernieuwende instrumenten opgeleverd zoals het STIS-infosysteem, verschillende nieuwe distributie- en verspreidingsmodellen en complementaire terreinmodellen op basis van hoge- en zeerhogeresolutiebeelden. De operationele toepassingen van de resultaten van het project gaan veel verder dan de laboratoriumactiviteiten tijdens het onderzoek en kunnen nuttig zijn voor elke onderzoeker die zich met tele-epidemiologie bezighoudt.

Het **EPIDEMOIST**-project ging op dit elan voort en spitte zich toe op het onderzoek van blauwtong in Italië. Het team boog zich over een specifieke vraag: vanwaar de verschillen



Bovenaan: waarschijnlijkheidskaart voor de aanwezigheid (rood) of afwezigheid (geel) van de knijt *C. imicola*, vector van de blauwtongziekte in Calabrië.
Onderaan: verspreidingskaart van zand- (licht) en vochtiger kleibodems (donker).

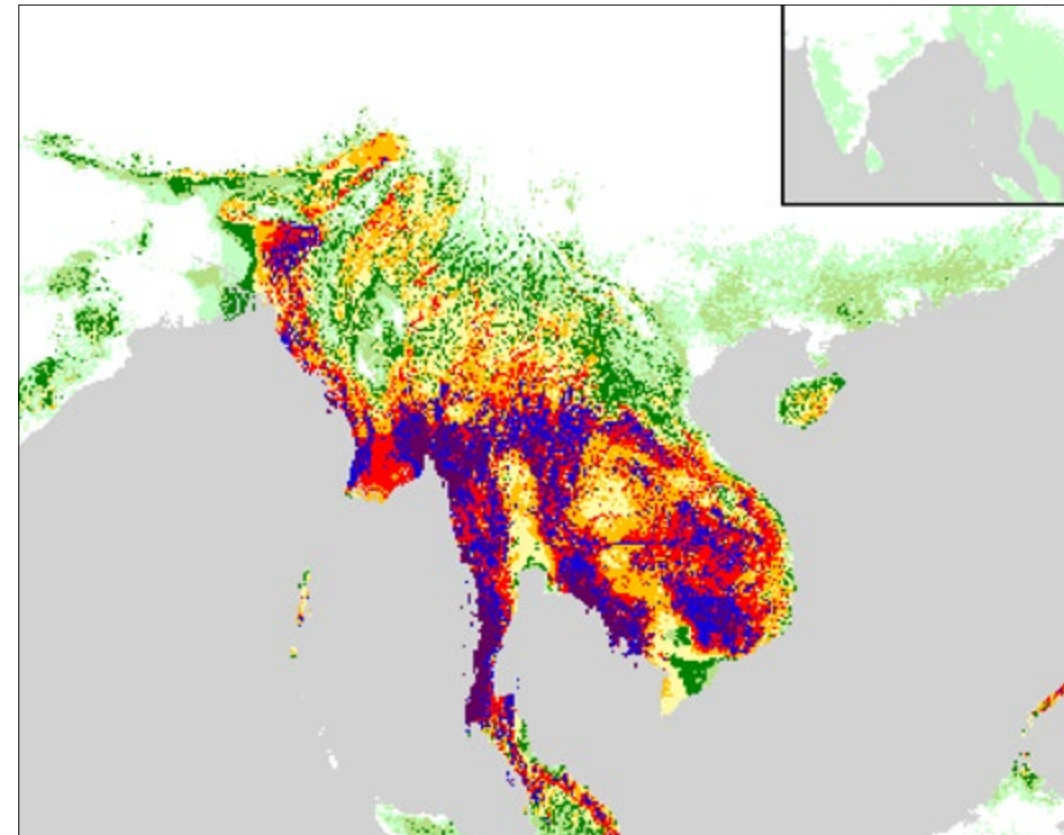


in aantallen muggen (vectoren van de ziekte) tussen Noord- en Zuid-Calabrië, hoewel de klimatologische omstandigheden op het eerste gezicht dezelfde zijn? Initiatiefnemers AVIA-GIS en de universiteit van Gent wilden met het project de VECMAP-app verbeteren en de distributiemodellen van de muggen verfijnen door er gegevens over het bodemtype en de bodemvochtigheidsgraad aan toe te voegen. Vaak omvat de levenscyclus van de vectoren immers een ontwikkelingsstadium in de grond, waardoor deze factor van cruciaal belang is voor hun ruimtelijke verspreiding. Als alternatief voor dure en moeizame metingen op het terrein probeerde het project indicatoren voor de vochtigheid van de bodem af te leiden uit optische en radarsatellietbeelden. Optische beelden hebben als voordeel dat ze gemakkelijk te verwerken zijn, maar zijn onbruikbaar

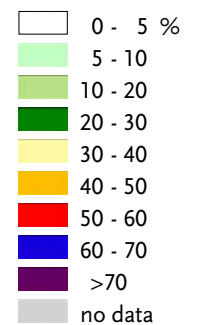
bij bewolking. Radarbeelden vormen in dat geval een alternatief, maar moeten intensiever bewerkt worden voor ze bruikbaar zijn. De twee soorten beelden leverden drie interessante variabelen op: de schijnbare thermische inertie, de index voor bodemdroogte en de index voor bodemvochtigheid. Deze variabelen kunnen in de ruimtelijke modellen van andere vectorziekten worden geïntegreerd.

De resultaten zijn bemoedigend, maar de methodes moeten nog worden verfijnd voor ze operationeel kunnen worden ingezet. Vooral bij dichte begroeiing zijn ze moeilijk inzetbaar. De vooruitgang die met het project werd geboekt, laat echter toe om nu al een betere kijk te hebben op de invloed van factoren zoals bodemvochtigheid of vegetatiebarrières bij de verspreiding van een vectorziekte. Hierdoor

De globalisering van de handel en de verhoging van passagiersverkeer per vliegtuig, hier geïllustreerd door deze kaart van het globale luchtvaartnetwerk in 2009, zijn belangrijke risicofactoren in de verspreiding van besmettelijke ziekten.



Waarschijnlijkheidskaart voor de aanwezigheid van de mug *Anopheles dirus sensu lato*, een van de vectorsoorten van malaria in Zuidoost-Azië.



kunnen meer doeltreffende en gerichte maatregelen worden genomen om een dergelijke ziekte onder controle te houden.

AUTOMATISCHE UPDATE

Wat als de voorspellingskaarten dynamisch zouden zijn? Wat als ze gemakkelijk bij te werken zouden zijn? Dit is de uitdaging die de onderzoekers in het kader van het **DYNMAP**-project wilden aangaan. Bedoeling was om gegevens van verschillende bronnen en met verschillende ruimtelijke resoluties te bundelen om dynamische voorspellingskaarten op te stellen. De onderzoekers hebben een tool voor de habitat van de malariamug in Azië ontwikkeld. De methode laat toe om gegevens met verschillende resoluties te combineren, maar ook om beelden met een hoge resolutie nagenoeg automatisch te

updaten met behulp van tijdreeksen van beelden met een lage of gemiddelde resolutie.

Deze toepassing levert meer gedetailleerde informatie op over het bodemgebruik, onder meer over de locatie van rijstvelden. Dit laat de onderzoekers toe om hun kennis over het verband tussen de malarievector en de omgevingsindicatoren te verdiepen. Het project bevestigt bovendien de hypothese dat de habitat van de *Anopheles dirus sensu lato* in het droge seizoen verkleint, alsook de invloed van het bodemgebruik en van de relatieve vochtigheid op de aanwezigheid van de mug. Het project bevestigt eveneens het belang van het vochtgehalte van een blad als geldige indicator voor het schatten van de relatieve vochtigheid.

SATHALI, SLAKKEN ONDER DE LOEP

8,2 miljoen euro per jaar: dat is de economische impact van de leverbotziekte op de melkvee-sector in Vlaanderen. Gastheer voor de grote leverbot is leverbotslak (*Galba truncatula*), een slak die voorkomt in poelen en plassen (Small Water Bodies - SWB). Het SATHALI-onderzoek ging in februari 2012 van start. De speciale techniek die onderzoekers hebben ontwikkeld om risicozones (SWB) in kaart te brengen, koppelt gegevens van de WorldView-2-satelliet (met een resolutie tot 50 cm) aan nog nauwkeurigere gegevens verzameld met een drone. Op termijn moeten de ontwikkelde voorspellingsmodellen voor besmettingsgevaar landbouwers in staat stellen om betere zones en tijdstippen uit te kiezen om hun koeien te laten grazen, zodat eventuele besmetting tot een minimum wordt beperkt.



PRODUCTEN EN DIENSTEN VOOR HET AFRIKAANSE CONTINENT

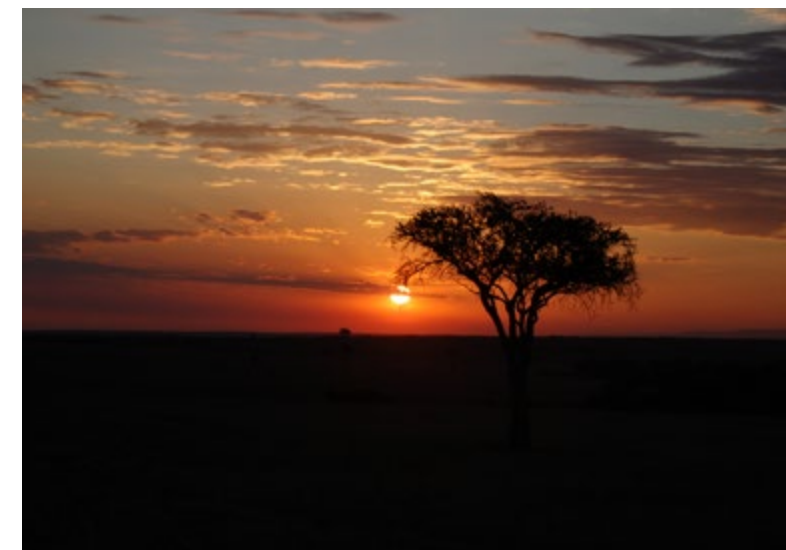


Dit artikel is gebaseerd
op de onderzoeksprojecten

ENDELEO
ENDELEO-OPS
MORECA
WWW
WWW2
POPSATER

Kwetsbare ecosystemen beschermen, ontbossing tegengaan,
sprinkhaneninvasies voorkomen, waarschuwingssystemen voor
voedselveiligheid introduceren en volkstellingen doorvoeren...
Satellietbeelden helpen onderzoekers om gebruiksklare systemen
te ontwikkelen die beantwoorden aan de prioriteiten van hun
Afrikaanse partners.

Bij de start van het derde millennium hebben de wereldleiders een globaal actieplan goedgekeurd om te proberen armoede uit de wereld te bannen: de Millennium Ontwikkelingsdoelstellingen. Ze beloofden om alles in het werk te stellen om de levensomstandigheden van de meest kwetsbare bevolkingsgroepen te verbeteren en om een oplossing te vinden voor hun noden op het vlak van voedselveiligheid, gezondheid, onderwijs en milieubehoud. De grote instellingen van de Verenigde Naties en de niet-gouvernementele organisaties hebben de taak op zich genomen om lokale steunaanvragen te bundelen en om de internationale samenwerking te stimuleren in specifieke domeinen zoals voedsel en landbouw (FAO), milieu (UNEP) en natuurbehoud (WWF).



Om dit ambitieuze project in goede banen te leiden, zijn de gedetailleerde, regelmatige en vrijwel onmiddellijk beschikbare gegevens van aardobservatiesatellieten hulpmiddelen waar je niet omheen kunt. Daarom is het cruciaal om teledetectietechnieken en -gegevens voor iedereen beschikbaar te maken zodat we op elk niveau – van heel lokaal tot globaal – systemen voor het beheer en de observatie van onze planeet kunnen verbeteren. Om in te spelen op de specifieke noden op het terrein, willen bijvoorbeeld heel wat Afrikaanse landen vlotter toegang krijgen tot satellietgegevens en een uitwisselingsnetwerk opzetten met landen die al veel verder staan op het gebied van ruimtevaarttechnieken.

Een van de onderdelen van het Stereo II-programma speelt hierop in. Dit eerder praktische luik legt zich toe op kennis- en technologieoverdracht om preoperationele producten en diensten te ontwikkelen. In voortdurende dialoog met de Afrikaanse partners en met internationale organisaties wijden verschillende projecten zich aan de ontwikkeling van cartografische instrumenten of van analyse- en evaluatie-instrumenten die onmiddellijk inzetbaar zijn op het terrein.

DEGELIJK BEHEER VAN DE ECOSYSTEMEN IN KENIA

De natuurlijke ecosystemen in Oost-Afrika hebben de afgelopen decennia ingrijpende wijzigingen ondergaan. De snelle bevolkingsgroei, klimaatverandering en economische druk zijn enkele van de factoren die verantwoordelijk zijn voor het overmatig gebruik van de natuurlijke rijkdommen. De aantasting die hieruit volgt verzwakt de ecosystemen en maakt ze vatbaarder



voor natuurrampen zoals terugkerende droge periodes die kenmerkend zijn voor het klimaat in deze regio. Daarom zijn er dringend maatregelen nodig om de aantasting van gronden en natuurlijke rijkdommen onder controle te krijgen.

In Kenia zijn de natuurlijke ecosystemen een belangrijke bron van inkomsten voor de meest florerende sectoren zoals het toerisme, de landbouw en de energieproductie. De overheid is zich er wel degelijk van bewust dat een goed beheer essentieel is om ook in de toekomst van al deze rijkdommen te kunnen blijven genieten. Zij zijn samen met de milieuorganisaties en de plaatselijke beheerders vragende partij voor actuele informatie over de toestand en de evolutie van de natuurlijke rijkdommen.

Satellietbeelden kunnen een overzichtsbeld geven van de veranderingen die de vegetatie en de bodembedekking over een bepaalde periode ondergaat.

De projecten **ENDELEO** en **ENDELEO-OPS** hebben de ontwikkeling aangepakt van eenvoudige instrumenten om de veranderingen die de kwetsbare ecosystemen in Oost-Afrika, meer bepaald in Kenia, ondergaan, beter te kunnen volgen om ze zo beter te kunnen beheren. Het is de bedoeling om de eindgebruikers op een zo toegankelijk mogelijke manier informatie te bezorgen over de toestand van de vegetatie aan de hand van satellietbeelden. In een eerste fase heeft het team geprobeerd om via een tijdreeks-analyse van satellietbeelden de doeltreffendheid na te gaan van de beschermende maatregelen in droge, kwetsbare zones. Vervolgens heeft het een operationeel instrument ontwikkeld dat de lokale beheerders van vooral graslandecosystemen, maar ook van bossen, moet toelaten om de impact van hun ingrepen actief te volgen.

AFSPRAAK IN NAIROBI

Twee projectpartners die nauw samenwerken met de wetenschappelijke teams van de UGent en van het VITO, hebben hun hoofdkwartier in Nairobi: het regionale kantoor voor Afrika van het Milieuprogramma van de Verenigde Naties (UNEP) en het Department of Resource Surveys and Remote Sensing, een afdeling van het Keniaanse ministerie voor Milieu. Bij de start van het project werd een workshop georganiseerd. Samen met vertegenwoordigers van verschillende ngo's, onderzoeksinstellingen en overheidsinstanties gingen de onderzoekers na of de informatiebehoeften van de verschillende partijen via teledetectie konden worden ingevuld. Die doelstelling bleek een uitdaging op zich omdat de gebruikers in het begin niet wisten welke mogelijkheden satellietbeelden boden.

Deze raadplegingsronde maakte het mogelijk om vast te leggen welke kwantitatieve indicatoren met regelmatige tussenpozen aan de eindgebruikers moesten worden bezorgd: een dichtheids- en groei-index voor de vegetatie

(de NDVI, Normalized Difference Vegetation Index, die onder meer nuttig is om droge periodes in kaart te brengen) en een index om productie van droge biomassa te ramen (de DMP, Dry Matter Productivity, die nuttig is om de productiviteit van graslanden te beoordelen). Deze twee indexen worden afgeleid uit satellietgegevens met een lage en middelhoge resolutie van de SPOT VEGETATION- en MODIS-sensoren. Hun waarden, die om de tien dagen automatisch worden bijgewerkt, worden al sinds 1999 bijgehouden. Deze tijdreeksen zijn essentieel om veranderingen in de vegetatie te monitoren. Ze maken het mogelijk om langetermijntrends, maar ook seizoensgebonden veranderingen in kaart te brengen, door de situatie tijdens een bepaalde periode van het jaar voor verschillende opeenvolgende jaren te vergelijken.

Om een nog concreter beeld te krijgen van de veranderingen die de ecosystemen hebben ondergaan, gebruikte het team beelden met een hogere resolutie van Landsat, ASTER en SPOT HRVIR om veranderingen in de bodembedekking en bepaalde vormen van aantastingen in kaart te brengen.

VOOR EN DOOR KENIA

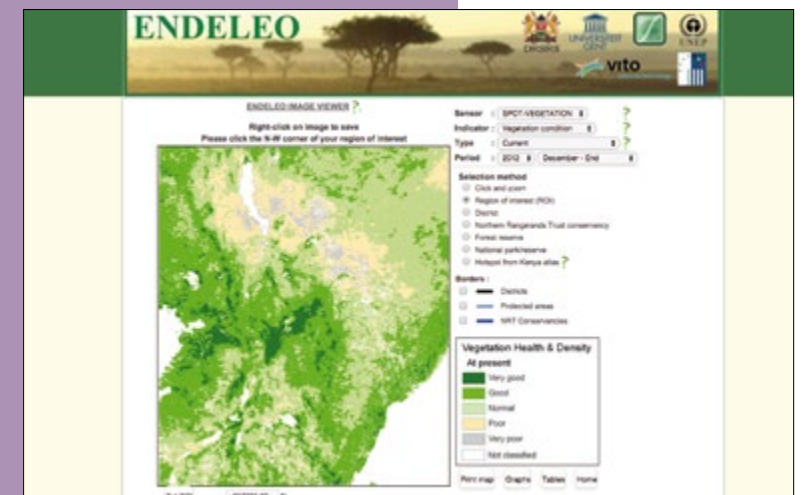
Tijdens het vier jaar lopende project werden de Keniaanse gebruikers bij alle fases betrokken. De internetinstrumenten, die initieel werden ontwikkeld om in de behoeften van de gebruikers te voorzien, zijn intussen op basis van hun aanwijzingen en aanbevelingen verbeterd. Nu hebben ze een service op maat die perfect aan hun verwachtingen voldoet. Dankzij het project zijn duurzame uitwisselingen tussen de gebruikers en het **ENDELEO**-team ontstaan. De lokale organisaties die (bijna) nooit eerder satellietbeelden hadden gebruikt, zijn zich nu

DE VEGETATIE VOLGEN MET ENKELE MUISKLIKKEN

Dankzij het ENDELEO-project werden internetinstrumenten ontwikkeld om met slechts enkele muisklikken nuttige informatie op te roepen en te analyseren. Om alles zo eenvoudig mogelijk te houden, werd het gebruik van technische termen zoveel mogelijk vermeden. Voor wie dit wil, is er wel uitgebreide algemene documentatie en een gedetailleerde handleiding beschikbaar. ENDELEO past zich zo aan zijn doelgroep aan: organisaties die het milieu actief beschermen. Hun vertegenwoordigers hebben geen kennis van teledetectie en beschikken niet over de nodige software of over grote downloadcapaciteiten. De 'Image viewer' maakt het mogelijk om de toestand van de vegetatie heel precies in kaart te brengen en om de evolutie ervan te bestuderen door een vergelijking te maken met het gemiddelde van de afgelopen tien jaar, het voorbije jaar of de laatste tien dagen. Het 'Graphs'-instrument geeft per regio en per type bodembedekking afwijkingen in de staat van de vegetatie tijdens een groeiseizoen weer ten opzichte van een gemiddeld jaar. Het 'Tables'-instrument berekent hoeveel procent de vegetatie-index van het lopende jaar hoger of lager uitvalt in vergelijking met een referentiejaar naar keuze. 'Focus Area' maakt het tot slot mogelijk om aan de hand van meer gedetailleerde satellietbeelden de resultaten voor enkele specifieke gevallen (ontbossing, branden enz.) visueel weer te geven.

De website bevat ook een aantal case studies die het nut van de vegetatie-indexen voor het beheer van de natuurlijke rijkdommen concreet aantonen. Deze indexen worden onder meer gebruikt om na te gaan welke invloed de staat van de vegetatie heeft op de trek van wilde dieren. Een van die studies buigt zich over het gedrag van de Grévyzebra, die met uitsterven is bedreigd. Een andere is gewijd aan olifanten die heel wat schade kunnen berokkenen aan de natuurlijke vegetatie en aan teeltgewassen wanneer hun territorium te klein wordt.

Er zijn ook diepgaande studies gemaakt over de branden die in 2009 in het oostelijke deel van het Mau-woud hebben gewoed en over de extreme droogte die in 2005 en 2009 Kenia heeft geteisterd. Die bewijzen het nut van de vegetatie-indexen om de impact van natuurrampen te evalueren, om de zwaarst getroffen zones te lokaliseren en om het effect van milieubeschermingsmaatregelen zoals een graasverbod in bepaalde delen van het Mau-woud, na te gaan. Dankzij de beeldreeksen met hoge resolutie, die sinds 1986 beschikbaar zijn, zijn de onderzoekers er bovendien in geslaagd om de ontboste gebieden in kaart te brengen binnen de natuurrezervaten die de gebruikers hadden uitgekozen.



ten volle bewust van de mogelijkheden die teledetectie biedt en beschikken over een waardevol monitoringinstrument dat het besluitvormingsproces ondersteunt. De ontwikkelde producten bewijzen dag na dag hun nut bij het doorvoeren en het evalueren van milieubeschermingsprocessen. De UNEP wil het concept daarom ook in andere Oost-Afrikaanse landen zoals Oeganda, Ethiopië en Tanzanië inzetten.

DE DEMOCRATISCHE REPUBLIEK CONGO HERBEBOSSEN

In het oosten van de Democratische Republiek Congo strekt zich vlakbij de grens met Rwanda en Oeganda het 790.000 hectare grote Nationaal park Virunga uit. Het park met zijn keten vulkanen – waaronder twee actieve – heeft een buitengewone verscheidenheid aan habitats (lavavelden, savannes, steppen, natuurlijke tropische wouden, meren, moerassen enz.), die onderdak bieden aan een uitzonderlijke biodiversiteit, met als bekendste vertegenwoordiger de emblematische berggorilla. Hoewel het park door de Unesco tot werelderfgoed is uitgeroepen, wordt het tegen een alarmerend tempo ontbost. Dit heeft te maken met de uitbreiding van het akker- en weideareaal, maar ook met intensieve illegale houtwinning (houtkap op grote schaal voor de productie van brandhout en houtskool).

Oorlogen en strijd destabiliseren de provincie Noord-Kivu al meer dan twintig jaar. Ontelbare gezinnen ontvluchten de bedreigingen op het platteland en trekken naar de hoofdstad Goma,

die intussen meer dan één miljoen inwoners telt. Hout en houtskool (of makala) zijn de enige energiebronnen waar deze bevolking gemakkelijk toegang toe heeft. 80% van deze grondstoffen komen uit het naburige Nationale park. In 2007 heeft het WWF met steun van de Europese Unie het programma EcoMakala opgezet. Dat wil gezinnen in Goma houtskool bezorgen die afkomstig is van speciaal aangeplante snel groeiende bomen. Deze activiteit vindt plaats op gronden aan de rand van Virungapark en levert kleine boeren een inkomen op. Deze alternatieve manier om legaal makala te produceren heeft dus twee voordelen: ze creëert betere levensomstandigheden voor de boeren die de plantages beheren en houdt de bosrijkdommen in het park in stand. Al deze kleine plantages (elk minder dan 5 ha groot) zijn samen goed voor meer dan 5.000 hectare nieuw aangeplante bomen.

HOE KOM JE IN AANMERKING VOOR KOOLSTOFFINANCIERING?

Hoewel de EcoMakala-plantages heel klein zijn, slaan ze koolstof op en gaan ze de ontbossing van het Nationaal Park tegen. Daardoor komen ze perfect voor koolstoffinanciering in aanmerking. Alleen moet nu nog het bewijs worden voorgelegd dat deze percelen aan de vereiste criteria voldoen. Kan dit met satellietbeelden? Wat de herbebossing in de DRC betreft, hanteert het Raamverdrag van de Verenigde Naties over klimaatverandering (UNFCCC) de volgende definitie om bossen te 'erkennen': een perceel

FINANCIËLE STIMULANSEN OM KOOLSTOFEMISSIONS TERUG TE SCHROEVEN

In de strijd tegen de opwarming van de aarde hebben internationale instanties overeenkomsten gesloten. Het Kyoto-protocol is hiervan het centrale akkoord. Het wil de uitstoot van broeikasgassen terugdringen door het tegengaan van ontbossing die wereldwijd voor 20% van deze uitstoot verantwoordelijk is.

Om de koolstofvoorraden in de bossen op peil te houden en uit te breiden, is het belangrijk om duurzaam bosbeheer en de herbebossing van bospercelen aan te moedigen. Hiervoor zijn twee koolstoffinancieringsmechanismen in het leven geroepen: het (her)bebossingssysteem van het "Clean Development Mechanism" (CDM of mechanisme voor schone ontwikkeling) dat de uitbreiding van het bosareaal nastreeft, en de REDD+-certificaten (het terugdringen van emissies die het gevolg zijn van ontbossing en aantasting van de bossen) om ontbossing tegen te gaan. Het principe is eenvoudig: industrielanden steunen projecten om de CO₂-uitstoot in ontwikkelingslanden te verminderen. In ruil krijgen ze credits die ze in hun eigen emissiebalans kunnen opnemen.



© K. Holt / WWF-UK

met een minimumoppervlakte van 0,5 hectare bedekt met bomen met een kroonsluiting van minstens 30% en met het potentieel om eenmaal volgroeid een minimumhoogte van 3 meter te bereiken. Bovendien moet het perceel sinds 1990 bosvrij zijn geweest.

De Kyoto-verdragen suggereren dat teledetectie bruikbaar is maar dit gebeurt meestal voor de follow-up van grote percelen. Of het haalbaar is om met teledetectie na te gaan of een perceel van nauwelijks 0,5 hectare bedekt is met bomen met een kroonsluiting van 30%, is nooit eerder onderzocht. Om dit uit te zoeken en zo het EcoMakala-project te steunen, heeft het WWF samen met de Universiteit catholique de Louvain en de Universiteit libre de Bruxelles het initiatief voor het MORECA-project genomen.

HEEL NUTTIGE ERKENNINGSKAART

Om een kaart op te stellen met percelen die in aanmerking komen om als bos te worden erkend, werden verschillende classificatiemethodes voor SPOT-beelden met een hoge resolutie (20 meter) met elkaar vergeleken. De studie toonde aan dat in versnipperde bergstreken zoals in de DRC een traditionele classificatiemethode per pixel (en niet per object) heel goede resultaten oplevert. Die heeft bovendien als voordeel dat ze compatibel is met de software die in het lokale WWF-kantoor in Goma en op het regionale hoofdkantoor wordt gebruikt.

Aan de hand van de aangemaakte kaarten heeft men voor elk perceel de oppervlakte van het bosareaal berekend met inachtneming van classificatie- en localisatiefouten. Dit leverde het WWF-kantoor in Goma de nodige bewijzen op om financiering voor de EcoMakala-plantages te krijgen. Deze nuttige methode kan worden gebruikt om ook in andere regio's – die andere erkenningscriteria hanteren – fondsen aan te vragen.

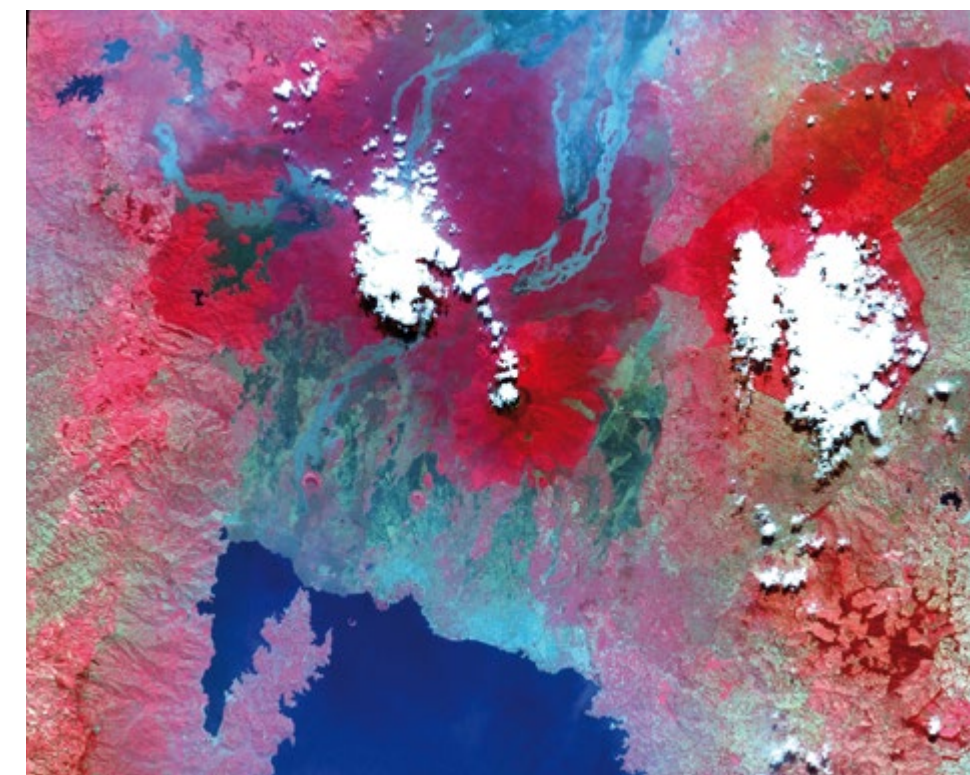
In een tweede fase heeft het MORECA-project onderzocht hoe de evolutie van de herbeboste percelen in een geografisch en sociaal moeilijke context kan worden gevolgd. De percelen zijn immers klein en door het slechte wegennet en de onveilige situatie vaak moeilijk te bereiken. Voor de ontwikkeling van deze methode heeft het team satellietbeelden met een heel hoge resolutie en radarbeelden gebruikt. De GeoEye-beelden met een resolutie van 60 centimeter maken het mogelijk om het bosareaal uiterst gedetailleerd in kaart te brengen. De beelden zijn echter erg duur en het dichte wolkendeek boven de tropen bemoeilijkt deze manier van werken. Bruikbare radarbeelden kunnen in alle weersomstandigheden worden gemaakt, maar hun resolutie is lager. De technologische vooruitgang en steeds scherpere tarieven kunnen

Verkoopster van makala, Saké, DRC.

Dit SPOT HRV-valsekleurenbeeld van augustus 1996 toont de grens tussen de DR Congo en Rwanda ten noorden van het Kivumeer. De dichte vegetatie, aangeduid in rood, markeert de grenzen van Nationaal park Virunga (links, met de rookpluimen van de Nyiragongo) en Nationaal park der vulkanen (rechts).



© JABRUSON





de ontwikkeling van dergelijk methodes in de toekomst vergemakkelijken. Satellieten zoals Pléiades bieden hierbij heel interessante, nieuwe perspectieven.

BELGIË PRODUCEERT WAARSCHUWINGSSYSTEMEN

Het Copernicus-aardobservatieprogramma (voorheen GMES), een gemeenschappelijk initiatief van het Europese Ruimtevaartagentschap en de Europese Unie, wil Europa zowel lokaal als globaal een onafhankelijke en operationele monitoringcapaciteit bieden op het gebied van milieu en civiele bescherming. België, dat actief bij het programma is betrokken, stelt zijn kennis op het vlak van teledetectie ter beschikking om nieuwe, krachtige instrumenten te ontwikkelen. Die moeten actuele, hoogwaardige en betrouwbare informatie opleveren die helemaal aan de verwachtingen van de eindgebruikers voldoet. De algemene doelstelling van de **WWW**- en de **WWW2**-projecten sluit hier perfect bij aan: globale operationele diensten voor specifieke groepen

gebruikers als Belgische bijdrage aan een van de zes toepassingsgebieden van het Copernicus-programma, namelijk het monitoren van land en bodem.

De ontwikkelings- en productiefasen van deze nieuwe diensten zijn nauw verbonden. De Unité de Géomatique van de Université catholique de Louvain neemt de wetenschappelijke ontwikkeling voor haar rekening, terwijl het VITO de processen in operationele verwerkingsketens invoert. Intussen hebben ze al drie continue globale monitoringdiensten voorgesteld die vrijwel in realtime en op continentale schaal werken: ‘Woestijnsprinkhanen’, ‘Gewasfenologie’ en ‘Monitoring van tropische bossen wereldwijd’. Ze zijn in nauwe samenwerking met de toekomstige gebruikers ontwikkeld en maken bij voorkeur gebruik van verschillende sensoren om op basis van de meest geschikte beschikbare informatiebron toepassingen te ontwikkelen.

WOESTIJNSPRINKHANEN: EEN EEUWENOUDE PLAAG

De dienst ‘Woestijnsprinkhanen’ is een antwoord op een vraag van het Emergency Centre for Locust Operations (ECLO) van de FAO, de landbouw- en voedselorganisatie van de Verenigde Naties. Het ECLO is opgezet om invasies van dit schadelijke insect te bestrijden. De woestijnsprinkhaan, die solitair onschadelijk is, ontwikkelt in groep een soort van kuddegedrag dat een ernstige bedreiging voor de landbouw vormt. Door zijn vraatzucht en zijn grote mobiliteit – hij kan tot 200 kilometer per dag afleggen – wordt de woestijnsprinkhaan een echt gevaar omdat hij enorme gebieden kan bestrijken. Zijn actieterrein strekt zich uit over 29 miljoen km² en omvat Zuid-Europa, Afrika ten noorden van de evenaar en het Arabische en het Indisch-Pakistaanse schiereiland.

Tijdens invasies kan een volwassen sprinkhaan in één dag het equivalent in vers groen van zijn eigen gewicht – ongeveer 2 gram – verorberen. Eén ton sprinkhanen – of slechts een klein deel van een gemiddelde zwerm – eet per dag met andere woorden evenveel voedsel als 2.500 mensen. Woestijnsprinkhanen zijn extreem polyfaag: ze doen zich zowel tegoed aan natuurlijke vegetatie (waardoor het vee zonder voedsel komt te zitten) als aan voedingsgewassen en plantages. Vaak gaat een groot deel van de oogst hierbij verloren. Als de plaag aanhoudt, dreigt hongersnood en staat het voortbestaan van hele bevolkingsgroepen op het spel. De grote invasie van 2004-2005 in West-Afrika ligt nog vers in het geheugen. De balans was zwaar: 26 landen werden getroffen, 6,5 miljoen hectare werd verwoest, 13 miljoen hectare werd met pesticiden behandeld en het productieverlies werd op ongeveer 2,5 miljard dollar geschat.

DYNAMISCHE KAARTEN VAN DE HABITAT VAN DE WOESTIJNSPRINKHAAN

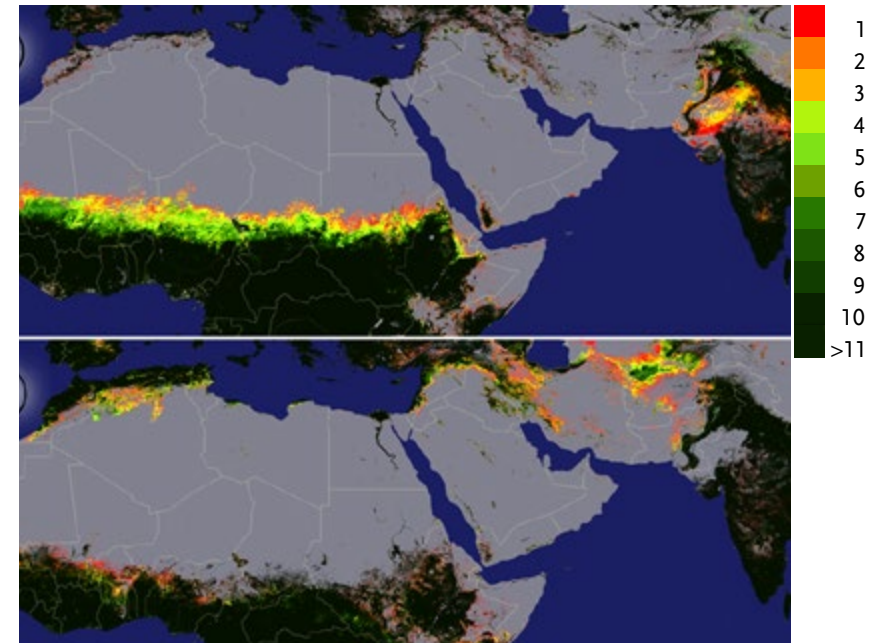
Het **WWW**-project heeft instrumenten ontwikkeld om de vegetatie en het vochtgehalte te monitoren in dorre en halfdorre gebieden die de natuurlijke habitat van de woestijnsprinkhaan in recessie vormen. Die moeten lokale monitoringteams helpen om gericht in te grijpen en de vorming van grote zwermen te voorkomen. Zodra het gaat regenen en de vegetatie groeit, kunnen woestijnsprinkhanen zich immers sterk vermenigvuldigen en kunnen ze in aantal zo snel toenemen dat ze een bedreiging vormen.

Om de vroegewaarschuwingssystemen te optimaliseren, heeft het projectteam een nieuwe analysemethode voor multispectrale en multitemporele beelden ontwikkeld die automatisch en vrijwel in reële tijd de vegetatie in dorre en halfdorre gebieden observeert. De gebruikte beelden zijn tijdreeksen van SPOT VEGETATION en MODIS Aqua/Terra. Origineel is dat deze methode multispectrale en colorimetrische analyses van het spectrale signaal combineert. Aan de basis van de methode liggen een nieuwe techniek om beelden vooraf te bewerken, het gelijktijdige gebruik van 3 kanalen (rood, infrarood en middeninfrarood) en de transformatie van het gebruikelijk RGB (Red-Green-Blue) colorimetrische systeem in het beter geschikte HSV (Hue-Saturation-Value).

Het team heeft een volledig automatische bewerkingsketen ontwikkeld die op basis van de dagelijkse waarnemingen van de MODIS- en VEGETATION-sensoren een dynamische kaart maakt van de vegetatie in de recessiezone van de woestijnsprinkhaan. Deze gebruiksklare kaart met een resolutie van 250 meter, die het VITO om de 10 dagen aanlevert, vat in één enkel beeldbestand de ruimtelijke en temporele distributie van de vegetatie samen. Aan de hand van de kaart kunnen de zones waar de sprinkhaan zich mogelijk kan voortplanten, nauwkeuriger in kaart worden gebracht en kunnen gerichtere controles op het terrein worden uitgevoerd. Voor de FAO-teams die waarschuwingen over sprinkhanen geven en bij het project zijn betrokken, is dit instrument een waardevol hulpmiddel om te voorspellen waar en wanneer de woestijnsprinkhanen zich vermenigvuldigen en beginnen te trekken. De internationale gemeenschap beschikt hiermee over een performanter en sneller waarschuwingssysteem dat continu en vrijwel in reële tijd op continentale schaal werkt.

FASE TWEE: MONITORING VAN HET BOS- EN VAN HET LANDBOUWAREAAL

Tijdens fase twee van het project – **WWW2** – werd op vraag van het “World Conservation Monitoring Centre” van het UNEP de dienst ‘Monitoring van tropische bossen wereldwijd’

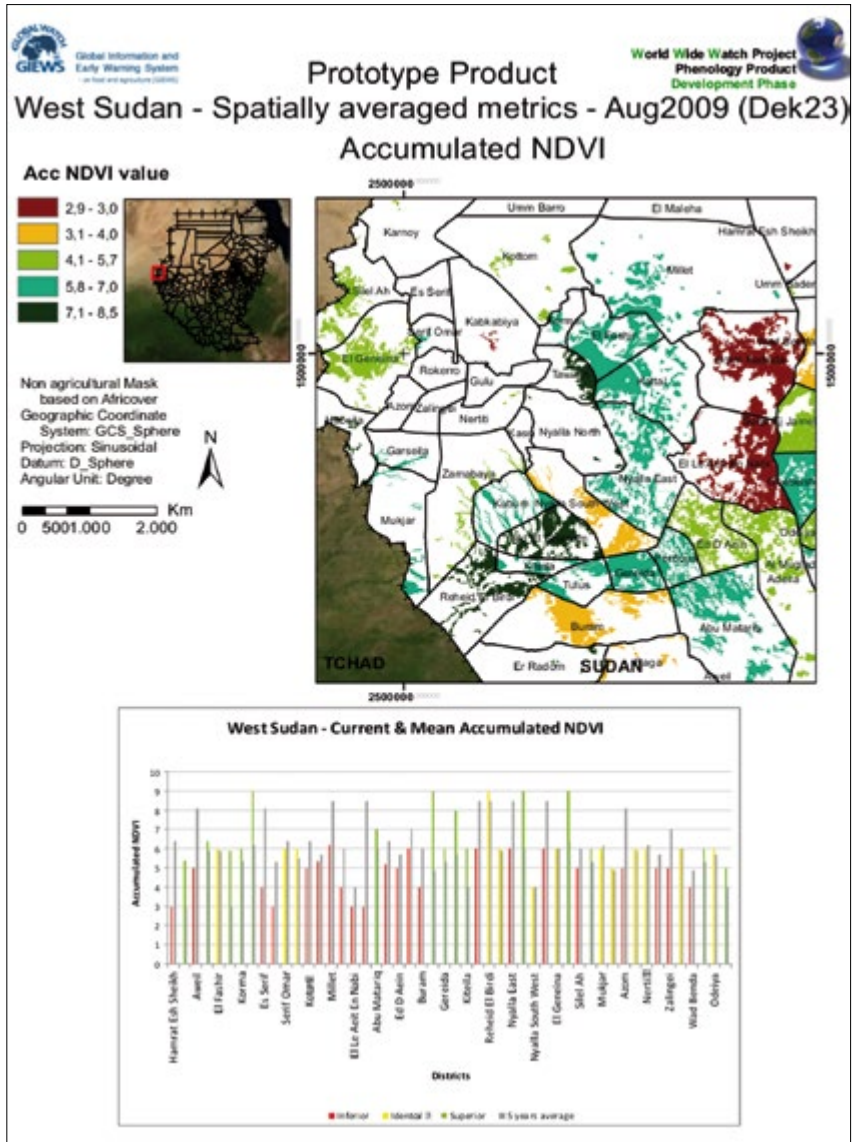


opgezet om de waarschuwingssystemen te verbeteren. Deze dienst detecteert wereldwijd automatisch veranderingen in tropische bossen zoals ontboste zones, branden, niveauverschillen in oppervlaktewateren (overstromingen of droogte) en herstellende vegetatie. Het product gaat uit van seizoensgebonden beeldreeksen met een lage of middelhoge resolutie van verschillende sensoren. De goede werking van een dergelijke dienst hangt immers af van regelmatige opnames van hoogwaardige, wolkenloze beelden. In de tropen zijn wolken vaak een spelbreker zodat er niet altijd bruikbare reeksen kunnen worden gemaakt. Omdat de seizoenen hier echter minder spelen, kunnen de opnames over een grotere periode worden gespreid.

De dienst ‘Gewasfenologie’ werd ook in nauwe samenwerking met een FAO-instantie ontwikkeld: het “Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture” (GIEWS). GIEWS gaat over voedselveiligheid en heeft als taak om de wereldwijde vraag naar en het aanbod van landbouwproducten continu te monitoren en moet vroegtijdig waarschuwen wanneer in bepaalde landen een voedselcrisis dreigt. Met deze dienst kunnen op jaarbasis regionale en nationale variaties in landbouwgewassen worden gemonitord. Hun fenologische parameters – en meer in het bijzonder de observatie van hun seizoensgebonden groeifasen – zijn cruciaal om agro-ecologische zones te karakteriseren. Deze informatie is essentieel om een beeld te vormen van de huidige situatie en van de oogstvooruitzichten, maar ook om op langere termijn variaties als gevolg van klimaatveranderingen te bestuderen.

Gewoonlijk worden fenologische gegevens afgeleid uit een vegetatie-index zoals NDVI met een tiendaagse frequentie, zonder rekening te houden met het soort bodembedekking of

Dynamische kaart van de vegetatie op 01/09/2008 (boven) en 21/03/2009 (beneden). De kleuren geven het aantal tiendaagse periodes weer dat de zone bedekt was met vegetatie.



Prototype van een fenologisch product ter illustratie van de cumulatieve NDVI-waarden over een bepaalde periode in een regio in West-Soedan. Deze kaartgegevens worden aangevuld met vergelijkende statistieken in grafiekvorm.



de agro-ecologische context. Aan de hand van tijdreeksen van multispectrale SPOT VEGETATION- en MODIS-beelden hebben de **WW2**-teams zich tot taak gesteld om de fenologie van de landbouwvegetatie nauwkeuriger te karakteriseren en om een methode te ontwikkelen die gewasspecifiek is.

Het voorgestelde algoritme kan aan de bodembedekking worden aangepast en levert zo meer relevante informatie voor de eindgebruikers op. Die bestaat uit een reeks van tien belangrijke fenologische indicatoren zoals de begin- en einddata van het teeltseizoen, de datum waarop de teelt is volgroeid, de groei- en verouderingsgraad, de groeiduur enz. De dienst ‘Gewasfenologie’ bevindt zich momenteel in een preoperationele prototypefase en zal op termijn worden geïntegreerd in een geoptimaliseerde versie van het GIEWS-werkstation, een internetplatform dat wereldwijde informatie over voedselveiligheid beheert en verdeelt.

SCHATTING VAN DE BEVOLKING DANKZIJ SATELLIETBEELDEN

Om de sociale en economische ontwikkeling van een land of een regio in goede banen te leiden, is het noodzakelijk om precies te weten hoe groot de bevolking is en hoe ze evolueert. Deze informatie is tevens cruciaal om in crisisperiodes volksverhuizingen als gevolg van oorlogen of rampen op te vangen. Jammer genoeg beschikken heel wat landen – in het bijzonder in Afrika – slechts over gedeeltelijke en vage cijfers over het effectieve aantal inwoners, ook al omdat de bevolking snel aangroeit.

Satellietbeelden met een heel hoge resolutie, die sinds het einde van de jaren 1990 beschikbaar zijn, bieden ongekende mogelijkheden om bewoonde gebieden in detail onder de loep te nemen. Hoewel vanuit de ruimte niet alles

zichtbaar is (je ziet bijvoorbeeld niet hoeveel mensen in een huis wonen), kunnen met deze beelden wel andere belangrijke parameters worden gemeten zoals het aantal woningen of de typologie van wijken, die rechtstreeks aan het aantal inwoners kunnen worden gelinkt.

Het **POPSATER**-project heeft geprobeerd om een nieuwe methode voor demografische ramingen in de stad en op het platteland te ontwikkelen op basis van beelden met een hoge en een zeer hoge resolutie, aangevuld met veldonderzoek. Drie Belgische partners sloegen hiervoor de handen in elkaar: een privé-onderneming die geografische informatie-systemen ontwikkelt, een onderzoeksteam van de Université libre de Bruxelles en een adviesbureau gespecialiseerd in veldonderzoek en in de analyse van sociaal-demografische gegevens.

Dankzij de zeer hoge resolutie van de QuickBird-beelden (60 centimeter) zijn woningen bij voldoende hoog contrast duidelijk zichtbaar zodat die manueel of automatisch kunnen worden geteld. Om een raming van de bevolking te maken, kan een directe aanpak worden toegepast door het aantal woningen te vermenigvuldigen met het gemiddelde aantal inwoners dat via veldonderzoek wordt nagegaan.

Omdat de resultaten van een volkstelling beschikbaar waren, werd Lubumbashi in de Democratische Republiek Congo uitgekozen als testzone in een stedelijk milieu. De directe aanpak leverde verschillende resultaten op voor het stadscentrum en de buitenwijken, waar de verkregen bevolkingscijfers duidelijk dichter bij de reële cijfers aanleunden.

Twee factoren verklaren deze discrepantie: omdat de woningen in het stadscentrum kleiner zijn en dichter bij elkaar staan, is het moeilijker om individuele woningen te onderscheiden; het is ook moeilijker om woningen te onderscheiden omdat de golfplaten die als dakbedekking worden gebruikt, verward kunnen worden met het asfalt van wegen. Om dit probleem op te lossen, heeft het team andere methodes getest, onder meer op basis van de geschatte bewoonde oppervlakte. Hierbij telt men niet langer woningen, maar de bewoonde oppervlakte of de oppervlakte van de daken van de woningen.

Het geschatte bevolkingsaantal gaat in dit geval uit van een zonale benadering: de oppervlakte van de bewoonde zone wordt gemeten en vermenigvuldigd met de dichtheid van de bevolking in een steekproef van enkele huizenblokken. In Lubumbashi bleek het echter moeilijk om een ruimtelijke eenheid met een constante bevolkingsdichtheid te vinden. De stad wordt gekenmerkt door een grote verscheidenheid binnen eenzelfde blok waar herenhuizen naast barakken staan.

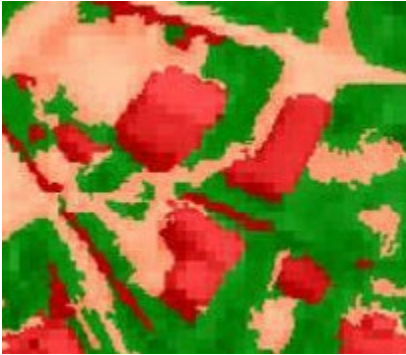
Wat het platteland betreft, werden de methodes in het noorden van Benin getest. De resultaten op basis van beelden met een zeer hoge resolutie bleken betrouwbaar. De hoge kosten van deze beelden maken deze techniek echter minder ideaal voor uitgestrekte gebieden. Daarom werden er ook tests uitgevoerd met goedkopere SPOT 5-beelden met een hoge resolutie (5 meter). Hierop is niet elke woning zichtbaar, maar ze volstaan om de bebouwde oppervlakte in te schatten. Hoewel kleine gehuchten met de zonale methode niet altijd worden gedetecteerd, is ze voor middelgrote dorpen doeltreffend omdat het aantal bewoners per woning daar vrij stabiel blijft.

POPSATER heeft ook aanleiding gegeven tot nieuwe samenwerkingen tussen het team van demografen en de teledetectiefirma die samen meerdere opdrachten voor het maken van bevolkingsschattingen wisten binnen te halen.

Gebouwen
Naakte bodem
Vegetatie



Satellietbeeld



Kaart landgebruik

Automatische extractie van gebouwen op een satellietbeeld met een zeer hoge resolutie (QuickBird).

QuickBirdbeeld (60 cm resolutie) van een wijk in Lubumbashi.

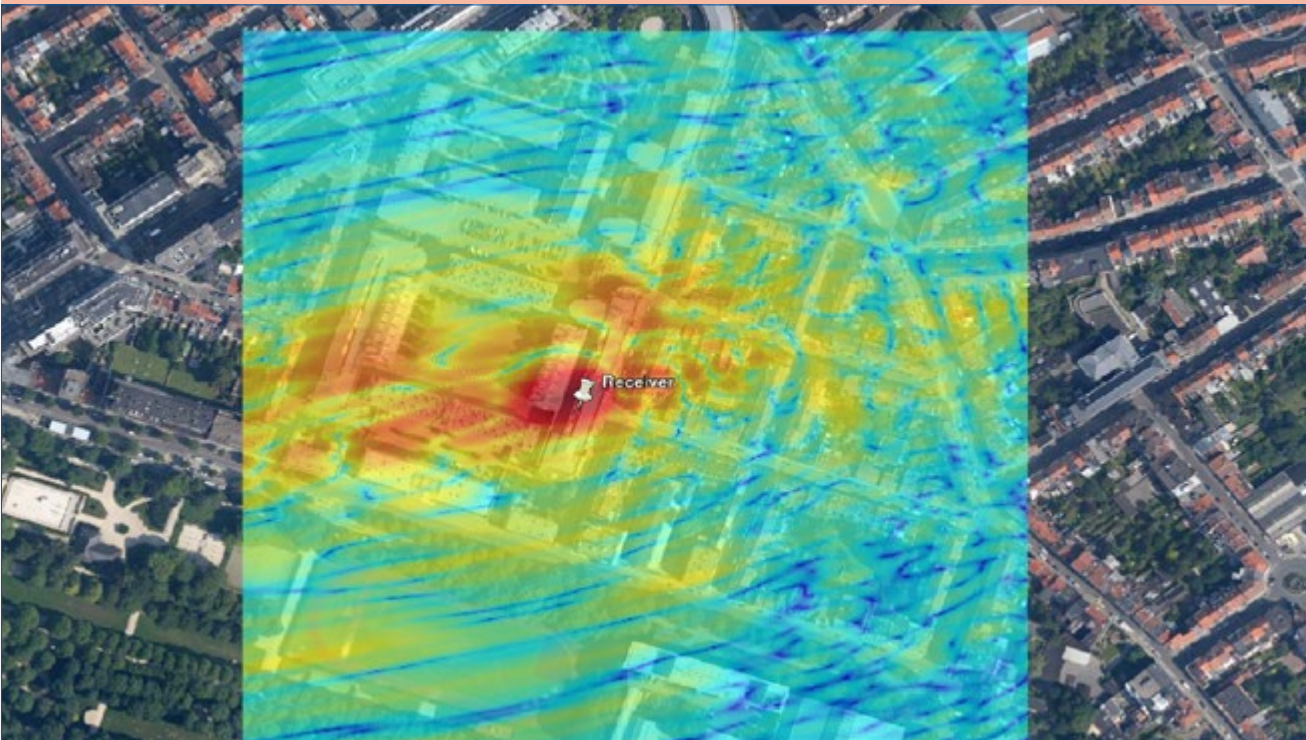


NIEUWE INVALSHOEKEN EN ONBETREDEN PADEN

MUSAR RADARONTVANGER ZONDER ZENDER?

In tegenstelling tot passieve sensoren, die een deel van de door de aarde weerkaatste of teruggestuurde zonnestralen opvangen, is een radar een actieve sensor: hij stuurt zelf een elektromagnetisch signaal uit dat het terrein ‘verlicht’ en meet vervolgens de echo die het doel in zijn richting terugkaatst. Omdat hij niet afhankelijk is van licht, biedt hij als niet te miskennen voordeel dat hij dag en nacht inzetbaar is. De golven die hij uitstuurt, gaan door wolken heen, waardoor de kwaliteit van de waarnemingen bij elk weer-type gegarandeerd is. Radar, en dan vooral SAR (Synthetic Aperture Radar), is een uitgelezen instrument voor toepassingen zoals het schatten van de bodemvochtigheid en het toezicht op infrastructuur (gebouwen, wegen enz.). De terugkaatsing van de radargolf is immers afhankelijk van het vochtgehalte van het oppervlak. Daarnaast maakt de interferometrietechniek het mogelijk om vanuit de ruimte heel subtiele bewegingen – in bruggen en stuwdammen bijvoorbeeld – op te sporen.

Intensiteit van (directe en indirecte) signalen die zijn opgevangen door opportunistische ontvangers, gedrapeerd over een luchtfoto van Brussel.



De meeste SAR-instrumenten bestaan uit een zender en een ontvanger. Met zijn nieuwe benadering heeft het MUSAR-project een ‘bistatische’ configuratie onderzocht waarbij de zender en de ontvanger van elkaar zijn gescheiden. In een dergelijke configuratie kan de zender zich aan boord van een satelliet bevinden, terwijl de ontvanger op een dak van een gebouw is geïnstalleerd. Die kan de retoursignalen van elke zender ontvangen die zijn omgeving overvliegt. Hierdoor is er veel meer informatie beschikbaar, duurt het minder lang voor nieuwe waarnemingen van een bepaald gebied worden doorgestuurd en moet geen geld aan een zender worden uitgegeven.

Het onderzoek spitste zich toe op de synchronisatie van de beide eenheden en op de ontwikkeling van een nieuw algoritme voor beeldreconstructie dat verschilt van de klassieke methoden.

WAVARS TELEDETECTIE MET EEN PSYCHOLOGISCH TINTJE



Bij de analyse van satellietbeelden spelen de perceptie en de interpretatie van een menselijke operator soms een belangrijke rol, ook wanneer het beeldverwerkingsproces grotendeels is geautomatiseerd. Er zijn echter geen gegevens beschikbaar om de efficiëntie van operatoren te beoordelen. Het WAVARS-project heeft zich met behulp van methodes uit de cognitieve psychologie over dit aspect van teledetectie gebogen. Meer dan 300 deelnemers met heel veel tot heel weinig ervaring, werd gevraagd om binnen een bepaald tijdsbestek een aantal opdrachten uit te voeren die te maken hadden met het interpreteren van digitale beelden. De bedoeling was om te achterhalen in hoeverre de resultaten onderhevig waren aan fouten en om de criteria in kaart te brengen die de verschillen tussen prestaties van personen (leeftijd, geslacht, opleidingsniveau, persoonlijkheid) en tussen de verschillende

tests (omstandigheden waarin het experiment werd uitgevoerd, tijdsbestek enz.) kunnen verklaren. Het onderzoek bracht grote verschillen in de efficiëntie van de operatoren aan het licht. Die waren voor ongeveer 30% toe te schrijven aan menselijke of externe factoren, wat aanzienlijk is. Een ander onbetwistbaar resultaat is de geleidelijke afname van de efficiëntie na een bepaalde werktijd, wat wijst op het belang van pauzes bij lange interpretatiesessies. De benadering van het project kan worden gebruikt om evaluatietools voor het beeldanalyseproces te ontwikkelen en die te verwerken in opleidings- of selectieprocedures.

Operatoren geconcentreerd op de vragenlijst van Wavars.



PROCESS EEN ENKELE VERWERKINGSKETEN VOOR MEERDERE SENSOREN

Almaar meer wetenschappelijke en particuliere gebruikers vragen naar teledetectieproducten met een hoge resolutie. Vooral de nieuwste generatie observatiesensoren aan boord van vliegtuigen (zoals APEX, AVIRIS of HyMAP) kunnen op steeds meer belangstelling rekenen. Om kwaliteitsvolle producten en diensten te kunnen aanbieden die op de behoeften van de gebruikers zijn afgestemd, is het cruciaal om de gegevens op een betrouwbare en efficiënte manier te verwerken. VITO had al een efficiënte verwerkketen ontwikkeld die voor verschillende sensoren (vaste beelden, videobeelden en hyperspectrale beelden) kan worden ingezet. Deze keten wordt gebruikt in het CDCP (Central Data Processing Centre).

Het PROCESS-project heeft onderzocht hoe de bestaande keten kan worden uitgebreid om de gegevens van twee nieuwe sensoren te verwerken: een warmtesensor gebruikt door het Centre de recherche public Gabriel Lippmann (Luxemburg) en de hyperspectrale HYPLANT-sensor van het onderzoekscentrum in Jülich (Duitsland). Die laatste wordt ingezet voor de observatie van de fluorescentie door vegetatie die blootstaat aan zonlicht. Het project wil de algoritmen die in de bestaande keten worden toegepast, flexibeler maken om op een generische en dynamische manier de gegevens van zoveel mogelijk sensoren aan boord van vliegtuigen te kunnen verwerken.



INDEX & INHOUDSOPGAVE

- 1 Coordinator(en)
- 2 Promotor(en)

BEREKENDE RISICO'S

10

FLOODMOIST

Overstromingskartering en bodemvochtbepaling voor een beter waterbeheer

- 1 Niko Verhoest
Universiteit Gent / Vakgroep Bos- en Waterbeheer
- 2 • Centre de Recherche public Gabriel Lippmann /
Département Environnement et Agro-
biotechnologies (Luxemburg)
• University of Bristol (Groot-Brittannië)

GORISK

Geïntegreerd gebruik van terrein- en satelliettechnieken voor de evaluatie van het risico voor vulkaanuitbarsting en de impact op de gezond in de Goma regio

- 1 Anne-Catherine Van Overbeke
Koninklijk Museum voor Midden-Africa /
Département Aardwetenschappen
- 2 • Musée national d'Histoire naturelle du
Luxembourg (Luxemburg)
• Université du Luxembourg (Luxemburg)
• Università degli Studi di Napoli Federico II
(Italië)
• United Nations Office for Project Services
(Democratische Republiek Congo)
• Observatoire volcanique de Goma
(Democratische Republiek Congo)
• Université libre de Bruxelles / Cemubac

HYDRASENS

Integratie van radarteledetectie, hydrologische en hydraulische modellering voor het beheer van het oppervlaktewater

- 1 Niko Verhoest
Universiteit Gent / Vakgroep Bos- en Waterbeheer
- 2 • Centre de Recherche public Gabriel Lippmann /
Département Environnement et Agro-
biotechnologies (Luxemburg)
• Universiteit Gent / Vakgroep Wiskundige
modellering, Statistiek en Bio-informatica
• Université catholique de Louvain / Sciences de
l'environnement

RIMS

Betrouwbare beeldbeheersystemen ter ondersteuning van stedelijke diensten en crisisbeheer

- 1 Sidharta Gautama
Universiteit Gent / Vakgroep Telecommunicatie
en Informatieverwerking
- 2 • VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
• Incubator Geoinformation (IncGeo)

SPRINT

Radar-satelliet gebaseerde interferometrische technieken voor humanitaire ontminning

- 1 Alain Muls
Koninklijke Militaire School / Departement
Communication, Information, Systems and Sensors

Vi-X

Het gebruik van de TanDEM X satellietconstellatie voor de studie van en het toezicht op de vulkanische en tektonische activiteit in het bekken van het Kivumeer

- 1 François Kervyn
Koninklijk Museum voor Midden-Africa /
Département Aardwetenschappen
- 2 • Musée national d'Histoire naturelle
du Luxembourg (Luxemburg)
• Centre Spatial de Liège (CSL-ULg)

VOEDSELZEKERHEID

20

ADASCIS

Aardobservatie als hulpmiddel bij het schatten van landbouwschade voor oogstverzekeringen

- 1 Emile Goffin
Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O.,
Middenstand en Energie
- 2 • Université de Liège / Département des
Sciences et Gestion de l'Environnement
• VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
• Centre wallon de Recherches agronomiques /
Biométrie, Gestion des données et
Agro-météorologie

EVA-3M

Evapotranspiratie: Monitoring met hoge resolutie door middel van de synergie tussen MSG en Medium resolutie satellieten

- 1 Françoise Meulenberghs en Nicolas Ghilain
Koninklijk Meteorologisch Instituut van België /
Hydrometeorologische modellering

GLOBAM

Systemen voor wereldwijde landbouwopvolging gebaseerd op de integratie van teledetectie en modelleringstechnieken

- 1 Pierre Defourny
Université catholique de Louvain / Sciences de
l'environnement
- 2 • Université de Liège / Département des
Sciences et Gestion de l'Environnement
• VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
• Universiteit Wageningen (Nederland)
• Koninklijk Meteorologisch Instituut van België /
Hydrometeorologische modellering
• European Commission / Joint Research Centre



HYPERMIX

De toepassing van beeldfusie en unmixingtechnieken op hyperspectrale en hyperspatiale beeldgegevens als oplossing voor de afruil tussen spectrale en ruimtelijke resolutie aan te pakken

- 1 Stephanie Delalieux en Birgen Haest
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 Universiteit Antwerpen / Visielab

MOCA

Monitoring van de koolstof in de bodem met behulp van hyperspectrale remote sensing

- 1 Bas Van Wesemael
Université catholique de Louvain / Centre de
recherche sur la Terre et le Climat G. Lemaître
- 2 • Centre de Recherche public Gabriel Lippmann /
Département Environnement et Agro-
biotechnologies (Luxemburg)
• Université de Liège / Département des
Sciences et Gestion de l'Environnement

SENSOR

Verbetering van aardobservatieproducten voor bodemvocht met behulp van grondradar (GPR)

- 1 Sébastien Lambot
Université catholique de Louvain /
Sciences de l'environnement
- 2 Koninklijke Militaire School / Departement
Communication, Information, Systems
and Sensors

SOC-3D

Drie dimensionale monitoring van organische stof in de bodem met behulp van VNIR reflectie

- 1 Bas Van Wesemael
Université catholique de Louvain / Centre de
recherche sur la Terre et le Climat G. Lemaître
- 2 • Centre de Recherche public Gabriel Lippmann /
Département Environnement et Agro-
biotechnologies (Luxemburg)
• University of Tel Aviv (Israel)

VAN STEDEN EN MENSEN

30

ASIMUD

Onzekerheidsanalyse en data-assimilatie van aardobservatiedata voor de modellering van stedelijke dynamiek

- 1 Guy Engelen en Hans van der Kwast
VITO / Integrale milieustudies
- 2 • Vrije Universiteit Brussel / Vakgroep Geografie
• Universiteit Utrecht (Nederland)

BIOHYPE

Biomonitoring van de kwaliteit van de stedelijke habitat aan de hand van hyperspectrale observaties

- 1 Roeland Samson
Universiteit Antwerpen /
Département Bio-ingenieurswetenschappen
- 2 • Universitat de València (Spanje)
• Universiteit Hasselt / Onderzoeksgroep
Moleculaire en Fysische Plantenfysiologie

MAMUD

Meting en modellering van stedelijke dynamiek: impact op levenskwaliteit en hydrologie

- 1 Frank Caners
Vrije Universiteit Brussel / Vakgroep Geografie
- 2 • European Commission / Joint Research Centre
• Universiteit Gent / Vakgroep Geografie
• VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
• Université de Liège / Unité de Géomatique
• Vrije Universiteit Brussel /
Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

VALI-URB

Stedelijke groei en ecologische corridors: consolidering van methodes op basis van aardobservatie met zeer hoge resolutie

- 1 Eléonore Wolff
Université libre de Bruxelles / Institut de
Gestion de l'Environnement et d'Aménagement
du Territoire
- 2 • Université de Rennes (Frankrijk)
• Université de Strasbourg (Frankrijk)

ECOSEG

Ontwikkeling van een spatio-temporeel segmentatie-algoritme voor het opvolgen van de toestand van bossen aan de hand van tijdsreeksen van satellietbeelden

- 1 Pol Coppin
Katholieke Universiteit Leuven /
Afdeling M3-BIORES
- 2 Australian Commonwealth Scientific and
Research Organization (Australië)

FOMO

Analyse van de transitie van ontbossing naar herbebossing en de impact op ecosystemen in berggebieden op basis van satellietwaarnemingen (Ecuador - Bhutan - de Karpaten)

- 1 Eric Lambin
Université catholique de Louvain / Centre de
recherche sur la Terre et le Climat G. Lemaître
- 2 • Katholieke Universiteit Leuven / Departement
Aard- en Omgevingswetenschappen
• Humboldt-Universität zu Berlin (Duitsland)

GRAZEO

Verbetering van risico-modellen voor contact tussen buffels en rundvee met behulp van indicatoren over de begrazings-geschiktheid verkregen via aardobservatie

- 1 Eléonore Wolff
Université libre de Bruxelles / Institut de
Gestion de l'Environnement et
d'Aménagement du Territoire
- 2 Council for Scientific and Industrial Research
(Zuid-Afrika)

HYPERFOREST

Aardobservatie met LiDAR en hyperspectrale sensoren op vliegtuigen voor een beter bosbeheer

- 1 Pol Coppin
Katholieke Universiteit Leuven / Afdeling M3-
BIORES
• Pieter Kempeneers
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 • Universiteit Gent / Vakgroep Bos- en
Waterbeheer
• Centre de Recherche public Gabriel Lippmann /
Département Environnement et Agro-
biotechnologies (Luxemburg)
• Universität Zürich (Zwitserland)
• Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO)

UNESCO-WATCH

Geautomatiseerde methode om veranderingen op te sporen in tropische regenwouden die deel uitmaken van het UNESCO werelderfgoed

- 1 Mario Hernandez
United Nations Educational, Scientific and
Cultural Organization (UNESCO)
- 2 Université catholique de Louvain /
Sciences de l'environnement

VEGECLIM

Integratie van de 10-jarige SPOT-VEGETATION tijdsreeksen en landoppervlak-modellering ter voorspelling van de terrestrische koolstofdynamiek in een veranderend klimaat

- 1 Pierre Defourny en Emmanuel Hanert
Université catholique de Louvain / Sciences de
l'environnement
- 2 • Laboratoire des Sciences du Climat et
de l'Environnement (Frankrijk)
• Universiteit Gent /
Vakgroep Toegepaste Ecologie & Milieubiologie

ARCHEOLOGIE ANDERS

48

ANAGHLIA

Analyse en validatie van hyperspectrale en LiDAR data in archeologie

- 1 • Gert Verstraeten
Katholieke Universiteit Leuven / Departement
Aard- en Omgevingswetenschappen
• Ils Reusen
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 • Johannes Gutenberg - Universität Mainz
(Duitsland)
• Groninger Instituut voor Archeologie (Nederland)
• Hungarian National Museum -
National Heritage Protection Centre (Hongarije)

APLADYN

Antropogene en natuurlijke landschapsdynamiek in grote riviersystemen

- 1 Gert Verstraeten
Katholieke Universiteit Leuven / Departement
Aard- en Omgevingswetenschappen
- 2 • Katholieke Universiteit Leuven /
Faculteit Letteren
• Universiteit Gent / Vakgroep Geografie
• Technische Universiteit Delft (Nederland)

BIODIVERSITEIT ONDER DRUK

52

ESSENSE

Aardobservatie om regulerende ecosysteem diensten in kaart te brengen

- 1 Birgen Haest
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 • Universiteit Antwerpen / Departement Biologie
• Basque Centre for Climate Change (Spanje)

HABISTAT

Rapportering van habitat status via aardobservatie en classificatietechnieken

- 1 Birgen Haest
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 • Vrije Universiteit Brussel / Vakgroep Geografie
• Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO)
• Universiteit Wageningen (Nederland)
• Universiteit Antwerpen / Visielab

HEATHRECOVER

Ontwikkeling van aardobservatietechnieken en -producten ter ondersteuning van het ecologische herstelbeheer na heidebrand

- 1 Birgen Haest
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 • Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
(Nederland)
• Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO)
• NASA / Jet Propulsion Laboratory (Verenigde
Staten)
• Agentschap voor Natuur en Bos (ANB)

RE-LEARN

Hergebruik van terreinreferentie-data in ruimte en tijd voor vegetatiekartering: Het potentieel van semi-gesuperviseerde en "active learning" technieken

- 1 Paul Scheunders
Universiteit Antwerpen / Visielab
- 2 • VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
• Universitat de València (Spanje)

REMEDY

Afstandswaarneming van de dynamiek van tropische ecosystemen

- 1 Ben Somers
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen

VEGEMIX

Detecteren van invasieve boomsoorten in het tropisch regenwoud van Hawaï met behulp van multi-temporele hyperspectrale satellietwaarnemingen

- 1 Els Knaeps en Ben Somers
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 • Katholieke Universiteit Leuven / Departement
Aard- en Omgevingswetenschappen
• Carnegie Institution of Science (Verenigde Staten)

HET AQUATISCHE MILIEU

58

ALGASED

Remote Sensing voor de karakterisering van sedimenten en microphytobenthos in de intergetijdzone

- 1 Jaak Monbaliu
Katholieke Universiteit Leuven /
Departement Burgerlijke Bouwkunde
- 2 • Nederlands Instituut voor Ecologie (Nederland)
• Universiteit Gent / Onderzoeksgroep Mariene
Biologie
• Centre for Environment, Fisheries &
Aquaculture Science (Groot-Brittannië)

BELCOLOUR-2

Optische teledetectie van mariene en inland wateren

- 1 Kevin Ruddick
Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuur-
wetenschappen / Beheersenheden van
het Mathematisch Model van de Noordzee
- 2 • Australian Commonwealth Scientific and
Research Organization (Australië)
• Université libre de Bruxelles / Laboratoire
d'Écologie des Systèmes Aquatiques
• VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
• Université de Liège / Département d'Astro-
physique, Géophysique et Océanographie
• Laboratoire d'Océanographie de Villefranche
(Frankrijk)

BEL-GOYA

De dynamiek van riverpluimen op basis van optische gegevens van MERIS, MODIS en GOCI

- 1 Kevin Ruddick
Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuur-
wetenschappen / Beheersenheden van
het Mathematisch Model van de Noordzee

BESST

Schatting van de afwijking tussen sensoren van de meting van de temperatuur van het zeeoppervlak

- 1 Aida Alvera-Azcárate
Université de Liège / Département d'Astro-
physique, Géophysique et Océanographie
- 2 Météo France (Frankrijk)

GEOCOLOUR

Geostationaire teledetectie van de oceaan

- 1 Kevin Ruddick
Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwet-
enschappen / Beheersenheden van het Mathematisch
Model van de Noordzee
- 2 • Université de Liège / Département d'Astro-
physique, Géophysique et Océanographie
• Mississippi State University (Verenigde Staten)

HISEA

Fusie van zeeoppervlakte-temperatuurvelden afkomstig van satellieten met zeer hoge resolutie

- 1 Jean-Marie Beckers en Aida Alvera-Azcárate
Université de Liège / Département d'Astro-
physique, Géophysique et Océanographie

INSHORE

Integratie van optische en akoestische teledetectiegegevens over het continuüm van het droogstrand tot de zeebodem, een case study in Oostende

- 1 Els Knaeps
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 Universiteit Gent / Renard Centrum voor
Mariene Geologie

JELLYFOR

Voorspelling van de aanwezigheid van kwalen met satelliet-waarnemingen

- 1 Kevin Ruddick
Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen / Beheersenheden van het Mathematisch Model van de Noordzee

MICAS

Monitoring van kust- en binnenwateren met de APEX sensor

- 1 Koen Meuleman
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 Universität Zürich (Zwitserland)

RE-COLOUR

Reconstructie van zeekeurbeelden

- 1 Jean-Marie Beckers
Université de Liège / Département d'Astrophysique, Géophysique et Océanographie
- 2 Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen / Beheersenheden van het Mathematisch Model van de Noordzee

RESORT

Teledetectie voor het monitoren van TSM (totale hoeveelheid zwevende stoffen) in verschillende seizoenen en verschillende gebieden

- 1 Koen Trouw
International Marine and Dredging Consultants
- 2 • VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
• VITO / Integrale milieustudies

SEASWIR

Teledetectie van zeer troebel water in het korte golflengte infrarode gebied (SWIR: 1-3µm)

- 1 Els Knaeps
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 • Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen / Beheersenheden van het Mathematisch Model van de Noordzee
• Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (Frankrijk)
• Instituto de Astronomía y Física del Espacio (Argentinië)

TELE-EPIDEMIOLOGIE

70

BUSHTICK

Veranderende landbouwpraktijken, oprukkende herbebossing en risico op ziekten overgedragen door teken in het zuiden van Noorwegen

- 1 Sophie Vanwambeke en Patrick Meyfroidt
Université catholique de Louvain / Centre de recherche sur la Terre et le Climat G. Lemaître

DYNMAP

Dynamische voorspellende cartering door fusie van multi-sensor gegevens - Toepassing op de habitat van de malariavector

- 1 Pierre Defourny
Université catholique de Louvain / Sciences de l'environnement
- 2 Instituut voor Tropische Geneeskunde / Departement Biomedische Wetenschappen

EPIDEMOIST

Verbetering van epidemiologische modellen met satelliet-gebaseerde graadmeters voor bodemvocht

- 1 Els Ducheyne
Agriculture and Veterinary Information and Analysis (AVIA-GIS)
- 2 • Universiteit Gent / Vakgroep Wiskundige modellering, Statistiek en Bio-informatica
• Universiteit Gent / Vakgroep Bos- en Waterbeheer
• Universiteit Gent / Vakgroep Telecommunicatie en informatieverwerking

EPISTIS

Teledetectiehulpmiddelen voor het bestuderen van de epidemiologie en ruimte/tijd dynamiek van ziektes

- 1 Eléonore Wolff
Université libre de Bruxelles / Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire
- 2 • Université catholique de Louvain / Centre de recherche sur la Terre et le Climat G. Lemaître
• University of Pretoria (Zuid-Afrika)
• Université libre de Bruxelles / Lutte biologique et Écologie spatiale
• Instituut voor Tropische Geneeskunde / Departement Biomedische Wetenschappen
• Agriculture and Veterinary Information and Analysis (AVIA-GIS)
• Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Abruzzo e del Molise 'G. Caporale' (Italië)

MULTITICK

Studie op verschillende schalen en met verschillende sensoren van de relatie tussen omgevingsfactoren en de ruimtelijke verspreiding van door teken overgedragen ziekten

- 1 Sophie Vanwambeke
Université catholique de Louvain / Centre de recherche sur la Terre et le Climat G. Lemaître

SATHELI

Synergie tussen satellietbeelden met zeer hoge resolutie en micro-helikopterbeelden voor spatio-temporele karakterisatie van de dynamiek van kleine wateroppervlakken

- 1 Fieke Van Coillie
Universiteit Gent / Vakgroep Bos- en Waterbeheer
- 2 • Agriculture and Veterinary Information and Analysis (AVIA-GIS)
• Universiteit Gent / Vakgroep Virologie, Parasitologie en Immunologie

TICKRISK

Een inschatting van de ecologische geschiktheid voor de verspreiding van Rhipicephalus (Boophilus) microplus in West Afrika

- 1 Sophie Vanwambeke
Université catholique de Louvain / Centre de recherche sur la Terre et le Climat G. Lemaître
- 2 • Instituut voor Tropische Geneeskunde / Departement Biomedische Wetenschappen
• Universidad de Zaragoza (Spanje)

TOOLS VOOR AFRIKA

78

ENDELEO

Ontwikkeling van een operationeel systeem, gebaseerd op teledetectie, ten behoeve van de impactanalyse van natuurbeschermingsbeleid en droogte op Oostafrikaanse ecosystemen

- 1 Rob De Wulf
Universiteit Gent / Vakgroep Bos- en Waterbeheer
- 2 • United Nations Environment Programme (UNEP)
• VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen

ENDELEO-OPS

Ondersteuning van dienstverlening op basis van teledetectie om de impact van beschermingsmaatregelen en droogte in Oostafrikaanse ecosystemen op te volgen.

- 1 Rob De Wulf
Universiteit Gent / Vakgroep Bos- en Waterbeheer
- 2 • United Nations Environment Programme (UNEP)
• VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
• Ministry of Environment and Mineral Resources / Department of Resource Surveys and Remote Sensing (Kenia)

MORECA

Monitoring van grootschalige herbebossingsprojecten in het kader van koolstoffinancieringsmechanismen

- 1 Mone Van Geit
WWF
- 2 • Université catholique de Louvain / Sciences de l'environnement
• Université libre de Bruxelles / Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire

POPSATER

Bevolkingsraming door teledetectie

- 1 Herbert Hansen
KeyObs
- 2 • Université libre de Bruxelles / Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire
• ADRASS asbl

WWW

World Wide Watch - Aardobservatie producten voor operationele bewaking van de habitat van woestijn-sprinkhanen voor FAO/ECLO

- 1 Pierre Defourny
Université catholique de Louvain / Sciences de l'environnement
- 2 • VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
• Food and Agriculture Organization (FAO)
• United Nations Environment Programme (UNEP)
• European Commission / Joint Research Centre

WWW2

World Wide Watch - Aardobservatieproducten voor de FAO / GIEWS landbouwcontrole

- 1 Pierre Defourny
Université catholique de Louvain / Sciences de l'environnement
- 2 • European Commission / Joint Research Centre
• Food and Agriculture Organization (FAO)
• United Nations Environment Programme (UNEP)
• VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen

INNOVERENDE PROJECTEN

88

MUSAR

Studie van multistatische opportunistische SAR

- 1 Marc Achery
Koninklijke Militaire School / Departement Communication, Information, Systems and Sensors
- 2 Centre Spatial de Liège (CSL-ULg)

PROCESS

Beeldverwerkingsketen voor thermische en fluorescentiesensoren

- 1 Els Knaeps
VITO / Teledetectie en aardobservatieprocessen
- 2 • Centre de Recherche public Gabriel Lippmann / Département Environnement et Agro-biotechnologies (Luxemburg)
• Forschungszentrum Jülich GmbH (Duitsland)

WAVARS

Web-gebaseerd onderzoek naar inter-operator variabiliteit bij visuele beeldinterpretatie

- 1 Fieke Van Coillie
Universiteit Gent / Vakgroep Bos- en Waterbeheer
- 2 Universiteit Gent / Vakgroep Personeelsbeleid-, Arbeids- en Organisationspsychologie

HET STEREO TEAM

Beheer van het programma

Jean-Christophe Schyns
schy@belspo.be
Joost Vandenabeele
vdab@belspo.be

Earth Observation Helpdesk
(EO Desk)
Pieter Rottiers
ropi@belspo.be
Martine Stélandre
stel@belspo.be

Ondersteuning van
het beheer
Chantal Oudaert
ouda@belspo.be
Meer informatie op
eo.belspo.be

Verantwoordelijke uitgever: René Delcourt, Louizalaan 231, 1050 Brussel.

Coördinatie: Martine Stélandre, Federaal Wetenschapsbeleid.
stel@belspo.be - eo.belspo.be

Chantal Debauche en Pauline de Wursterberger, Millefeuilles, Martine Stélandre, Federaal Wetenschapsbeleid, op basis van teksten van de wetenschappelijke teams vernoemd in deze publicatie.

Verbeteringen en ondersteuning:
Pieter Rottiers, Jean-Christophe Schyns en Joost Vandenabeele, Federaal Wetenschapsbeleid.

Vertaling: Dice.
www.dice.be

Lay-out: Millefeuilles.

Druk: FedoPress.
Gedrukt met plantaardige inkt op een papier geproduceerd met respect voor het milieu.

Alle thematische hoofdstukken zijn beschikbaar in PDF-formaat op eoedu.belspo.be/stereo.

Foto voor- en achterzijde:
Mississippi river acquired by the OLI instrument on NASA's Landsat 8 satellite in February 2014.
©NASA Earth Observatory image by Michael Taylor and Adam Voiland, using Landsat data from the U.S. Geological Survey.
False-colour image of Brussels acquired by the Spot-5 satellite on 28 September 2011.
© Airbus Defence and Space.

© Federaal Wetenschapsbeleid 2015
Reproductie is toegelaten mits bronvermelding.

Wettelijk depotnummer: D/2015/1191/03

