

DES PRODUITS ET SERVICES POUR LE CONTINENT AFRICAIN



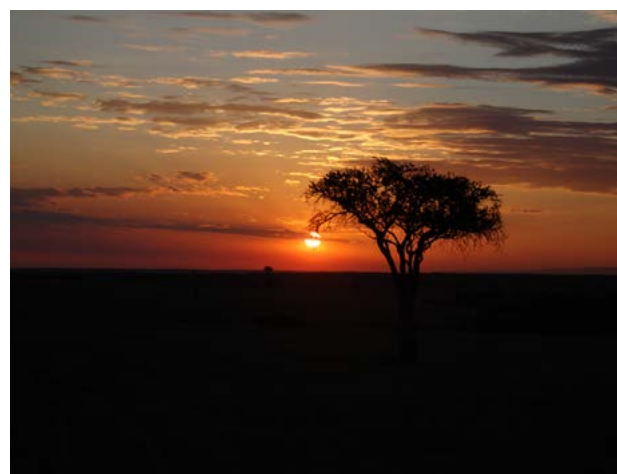
Les projets ENDELEO, ENDELEO-OPS, MORECA, WWW, WWW2 et POPSATER ont été financés par le programme national de recherche en Observation de la Terre Stereo II de la Politique scientifique fédérale belge (BELSPO).
Plus d'infos : eoedu.belspo.be > Coin des profs ; eo.belspo.be > Directory > Projects

Préserver les écosystèmes fragiles, lutter contre la déforestation, prévenir les invasions de criquets, doter la sécurité alimentaire de systèmes d'alerte ou encore recenser les populations...

L'imagerie satellitaire permet aux chercheurs de développer des applications opérationnelles qui répondent aux priorités exprimées par leurs partenaires africains.



À l'entrée du 3^e millénaire, les dirigeants des États de la planète ont approuvé un plan d'action global pour tenter d'éradiquer la pauvreté dans le monde : les Objectifs du Millénaire pour le Développement. Ils se sont engagés à mobiliser leurs efforts pour améliorer les conditions de vie des populations les plus vulnérables et répondre à leurs besoins en termes de sécurité alimentaire, de santé, d'éducation et de préservation de l'environnement. Les grandes institutions des Nations Unies et les organisations non gouvernementales ont quant à elles pour rôle de relayer les demandes locales de soutien et de dynamiser la coopération internationale dans des domaines spécifiques, comme l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'environnement (UNEP) ou la conservation de la nature (WWF).



En soutien à ce projet ambitieux, les informations détaillées, régulières et quasi instantanées fournies par les satellites d'observation de la Terre constituent des outils incontournables. Il est donc crucial de mettre les techniques et les données de télédétection à la portée de tous, de façon à perfectionner les systèmes de gestion et de surveillance de la planète, et ce à tous les niveaux, du plus local au global. De nombreux pays d'Afrique, par exemple, souhaitent, pour répondre à des besoins précis sur le terrain, un accès facilité aux données satellitaires et la création d'un réseau d'échanges avec des pays plus avancés en techniques spatiales.

L'un des volets du programme Stereo II rencontre ce souhait. Plus applicatif, il se consacre en effet au transfert de connaissances et de technologies dans le but de développer des produits et services pré-opérationnels. En interaction continue avec les partenaires africains et les organisations internationales, plusieurs projets s'attellent ainsi à mettre au point des outils de cartographie, d'analyse ou d'évaluation directement utilisables sur le terrain.

UNE GESTION SAINTE DES ÉCOSYSTÈMES AU KENYA

Les écosystèmes naturels en Afrique de l'Est ont subi des modifications considérables ces dernières décennies. Une forte croissance démographique, les changements climatiques ou encore la pression économique sont parmi les principaux facteurs responsables de la surexploitation



des ressources naturelles. La dégradation qui en résulte fragilise les écosystèmes et les rend de plus en plus vulnérables aux catastrophes naturelles telles que les sécheresses récurrentes qui caractérisent le climat de cette région. Il est donc primordial de mettre en œuvre des mesures permettant d'enrayer la dégradation des terres et des ressources.

Au Kenya notamment, les écosystèmes naturels constituent une source de revenus capitale pour les secteurs les plus prospères du pays tels que le tourisme, l'agriculture et la production d'énergie. Les autorités publiques sont bien conscientes qu'une gestion optimale est essentielle pour pouvoir continuer à bénéficier à l'avenir de toutes ces richesses. Comme les organisations environnementales et les gestionnaires locaux, elles sont en demande d'informations actualisées sur l'état et l'évolution des ressources naturelles.

L'imagerie satellitaire est à même de fournir une telle vision synoptique de l'état de la végétation et des changements dans la couverture des sols au fil du temps. Les projets **ENDELEO** et **ENDELEO-OPS** se sont attelés à fournir des outils simples permettant d'améliorer le suivi de la dynamique et donc la gestion des écosystèmes fragiles en Afrique de l'Est, et en particulier au Kenya. L'objectif est de mettre à la disposition des utilisateurs finaux, et ce de la manière la plus accessible possible, l'information dérivée des images satellitaires sur l'état de la végétation. Dans une première étape, l'équipe a tenté d'évaluer l'efficacité des mesures de conservation sur les zones sèches vulnérables, à l'aide de séries temporelles d'images. Un outil opérationnel a ensuite été développé pour aider les gestionnaires locaux (d'écosystèmes de prairies principalement mais aussi de forêts) à suivre activement l'impact de leurs interventions.

RENDEZ-VOUS À NAIROBI

Associés aux équipes scientifiques de l'Université de Gand et du VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek), deux partenaires du projet sont basés à Nairobi: le bureau régional pour l'Afrique du Programme des Nations Unies pour l'environnement (UNEP) et le Department of Resource Surveys and Remote Sensing qui dépend du Ministère kenyan de l'environnement. Au début du projet, un workshop a réuni des représentants de plusieurs ONG, instituts de recherche et organismes gouvernementaux afin de concilier les besoins en information des différents secteurs avec les moyens offerts par la télédétection. Atteindre cet objectif s'est avéré un challenge en soi, les utilisateurs n'ayant au départ aucune connaissance des possibilités offertes par l'imagerie satellitaire.

Cette consultation a permis de définir les indicateurs quantitatifs à fournir aux utilisateurs finaux à intervalles réguliers: un indice de densité et de vigueur de la végétation (le NDVI, Normalized Difference Vegetation Index, entre autres intéressant pour l'identification



DES OUTILS POUR L'AFRIQUE

d'épisodes de sécheresse) et un indice permettant l'estimation de la production de biomasse sèche (DMP, Dry matter productivity), utile pour évaluer la productivité des prairies. Ces deux indices sont dérivés de données à basse et moyenne résolution issues de capteurs tels que SPOT VEGETATION et MODIS. Leurs valeurs, actualisées automatiquement tous les dix jours, sont archivées depuis 1999. Ces séries temporelles sont essentielles pour le suivi de la dynamique de la végétation. Elles permettent de mettre en évidence les tendances à long terme mais aussi de révéler des changements saisonniers, en comparant les situations à une période donnée de l'année pour plusieurs années consécutives.

Par ailleurs, pour avoir une vision plus concrète des modifications subies par les écosystèmes, des images Landsat, ASTER et SPOT HRVIR, de plus haute résolution, ont été utilisées pour cartographier les changements d'occupation du sol et certains types de dégradation.

PAR ET POUR LE KENYA

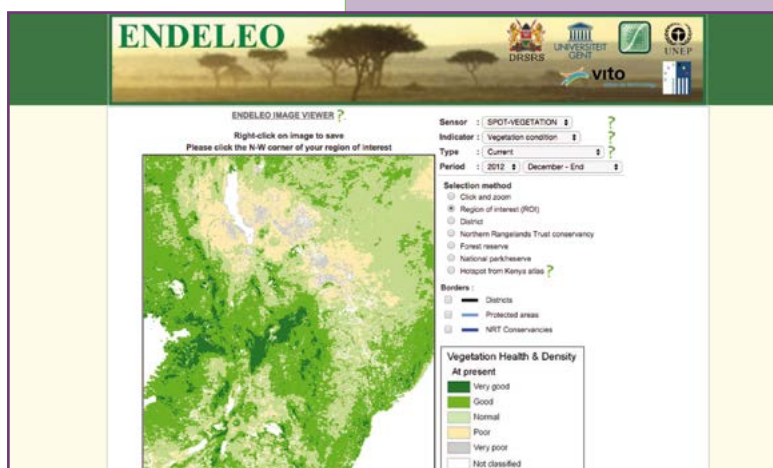
Mené durant près de quatre ans, le projet a impliqué les utilisateurs kenyans à toutes ses étapes. Les outils internet, déjà conçus au départ pour répondre à leurs besoins, ont été améliorés en suivant leurs recommandations, afin d'aboutir à un service sur mesure qui corresponde au mieux à leurs attentes. Le projet a ainsi fait naître des interactions durables entre les utilisateurs et l'équipe ENDELEO. Les organisations locales, qui jusque-là n'avaient jamais ou pratiquement jamais utilisé de données satellitaires, sont aujourd'hui sensibilisées aux possibilités offertes par la télédétection et dotées d'un outil précieux en matière de surveillance environnementale et de support à la décision. Ces produits ont démontré leur utilité au quotidien dans la mise en œuvre et l'évaluation des processus de préservation. L'UNEP souhaite dès lors exporter le concept vers d'autres pays d'Afrique de l'Est comme l'Ouganda, l'Éthiopie ou la Tanzanie.

SUIVRE LA VÉGÉTATION EN QUELQUES CLICS

Grâce au projet ENDELEO, des outils internet qui permettent, en seulement quelques clics, de visualiser et d'analyser l'information utile ont été développés. Dans un souci de simplicité, les termes techniques ont été évités autant que possible. Une documentation générale étoffée et un manuel d'utilisation détaillé sont cependant disponibles pour ceux qui le désirent. ENDELEO s'adresse ainsi à son public-cible, à savoir des organisations actives dans la protection de l'environnement dont les représentants n'ont aucun bagage en matière de télédétection et ne disposent ni de logiciels spécialisés ni de capacités importantes de téléchargement.

L'outil "Image viewer" permet de cartographier précisément l'état de la végétation et d'étudier son évolution en le comparant par exemple avec la moyenne sur dix ans, la dernière année ou les dix derniers jours. L'outil "Graphs" affiche les variations de l'état de la végétation au cours d'une saison de croissance par région et par type de couverture végétale, par rapport à une année moyenne. L'outil "Tables" calcule le pourcentage de diminution ou d'augmentation de l'indice de végétation de l'année en cours par rapport à une année de référence au choix. Enfin, "Focus Area" permet de visualiser les résultats obtenus pour certains cas spécifiques (déforestation, feux...) à l'aide d'images satellitaires plus détaillées.

Le site est également enrichi de plusieurs études de cas qui démontrent concrètement l'utilité des indices de végétation pour la gestion des ressources naturelles. Ces indices ont notamment servi à étudier l'influence de l'état de la végétation sur la migration d'animaux sauvages. Une étude s'est ainsi penchée sur le comportement du zèbre de Grévy, une espèce en voie de disparition, une autre sur celui des éléphants. Ces derniers peuvent en effet occasionner des dégâts importants tant à la végétation naturelle qu'aux cultures lorsque leur territoire est trop réduit.



Les incendies dans l'est du grand complexe forestier de Mau en 2009 et les sécheresses extrêmes qui ont ravagé le Kenya en 2005 et 2009 ont également fait l'objet d'études détaillées. Celles-ci ont permis de démontrer l'utilité des indices de végétation pour évaluer l'impact des catastrophes naturelles, localiser les zones les plus durement touchées et déterminer l'effet de mesures de protection de l'environnement, comme l'interdiction de pâturage dans certaines zones de la forêt de Mau. Par ailleurs, grâce à des séries d'images à haute résolution disponibles depuis 1986, les chercheurs ont pu cartographier les zones déboisées pour plusieurs réserves naturelles sélectionnées par les utilisateurs.

REBOISER LA RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO

Le Parc national des Virunga s'étend sur 790 000 hectares à l'est de la République démocratique du Congo, à la frontière avec le Rwanda et l'Ouganda. Il comprend une chaîne de volcans dont deux sont en activité, et une étonnante variété d'habitats (plaines de lave, savanes, steppes, forêts tropicales naturelles, lacs, marécages...) qui abritent une biodiversité exceptionnelle, représentée par l'emblématique gorille des montagnes. Malgré son inscription au Patrimoine mondial de l'Unesco, le Parc subit une déforestation alarmante, due à l'extension des terres agricoles et des pâturages, mais aussi à une intense exploitation illégale du bois (coupes massives de bois de chauffe et fabrication de charbon de bois).

La province du Nord-Kivu est déstabilisée par des guerres et des combats depuis plus de vingt ans. Sa capitale, Goma, a vu arriver d'innombrables familles rurales fuyant les menaces et actuellement, sa population atteint plus d'un million d'habitants. Le bois et le charbon de bois (appelé makala) sont les seules sources d'énergie aisément accessibles pour cette population. 80 % de ces ressources sont quotidiennement extraites du Parc national voisin.

En 2007, le WWF, avec l'aide de l'Union européenne, a initié le programme EcoMakala. Il s'agit de fournir aux familles de Goma un charbon de bois produit à partir de plantations d'arbres à croissance rapide, une activité génératrice de revenus menée par des petits paysans sur des terres situées en périphérie du Parc des Virunga. Cette filière alternative de production d'un makala légal et durable offre le double avantage d'améliorer les conditions de vie des paysans planteurs et de préserver les ressources forestières du Parc.

Au total, plus de 5 000 hectares d'arbres ont déjà été replantés dans l'ensemble de ces exploitations de taille réduite (moins de 5 hectares).

COMMENT BÉNÉFICIER DES FINANCEMENTS CARBONE ?

Les plantations EcoMakala, bien que très petites, stockent du carbone et ont pour effet une diminution de la déforestation du Parc national. Elles sont dès lors parfaitement éligibles aux financements carbone. Encore faut-il apporter la preuve que les parcelles répondent aux critères requis. Les images satellitaires peuvent-elles être utilisées à cette fin ?



DES INCITANTS FINANCIERS POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE CARBONE



Afin de lutter contre le réchauffement de la planète, des accords internationaux ont vu le jour. Au cœur de ces accords, le Protocole de Kyoto vise à réduire les émissions des gaz à effet de serre, notamment en luttant contre la déforestation responsable de 20 % de ces émissions au niveau global.

Pour préserver et renforcer les stocks de carbone forestiers, il faut encourager la gestion durable des forêts et le reboisement de parcelles. Deux types de mécanismes de financement carbone ont ainsi été mis en place: le système Boisement/Reboisement du "Mécanisme de Développement Propre", qui valorise l'augmentation de la superficie des forêts, et les certifications REDD+ (Réduction des émissions issues de la déforestation et de la dégradation des forêts) qui visent la diminution de la déforestation. Leur principe est simple: les pays industrialisés soutiennent des projets favorisant la réduction des émissions de carbone dans les pays en développement et en contrepartie, ils bénéficient de crédits qui peuvent être comptabilisés dans leur propre bilan d'émissions.

Femme sur le marché de Makala, Saké, RDC.

Image SPOT HRV fausses couleurs acquise en août 1996 de la frontière entre la RD du Congo et le Rwanda au nord du lac Kivu. En rouge, la végétation dense délimite les contours du Parc national des Virunga (à gauche, avec les fumées émises par le Nyragongo) et du Parc national des volcans (à droite).

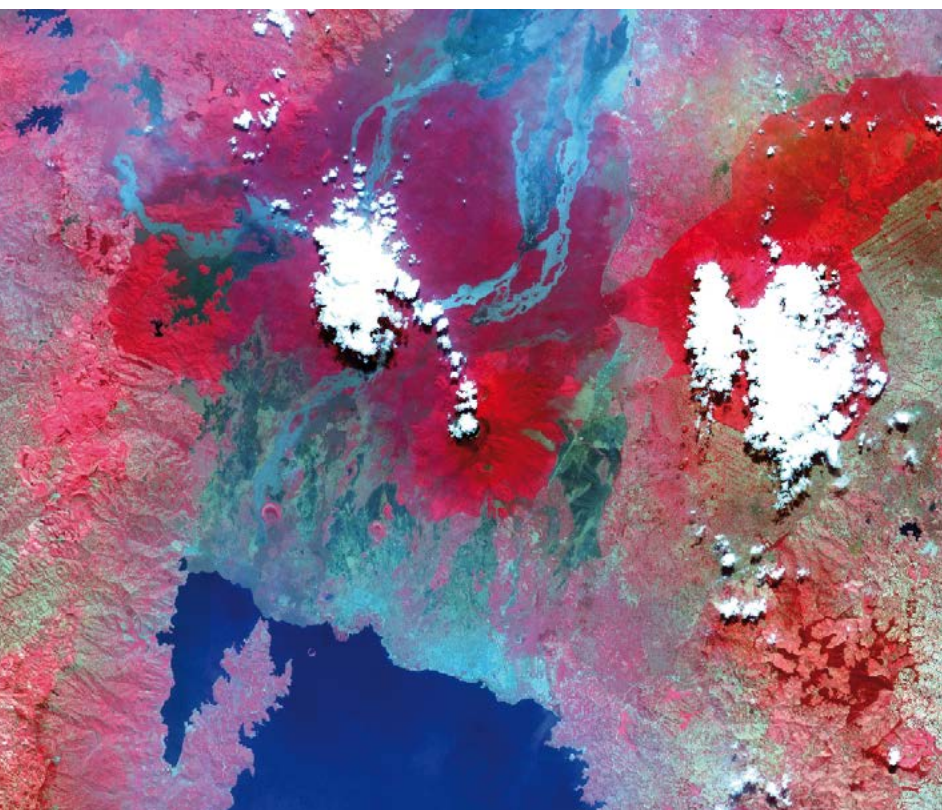
Pour les reboisements en RDC, la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNFCCC) a défini comme forêt "éligible" une parcelle d'au moins 0,5 hectare, recouverte de minimum 30 % d'arbres, avec une hauteur potentielle de 3 mètres à maturité, cette parcelle n'ayant pas été couverte de forêt depuis 1990. Bien que la télédétection soit suggérée dans les accords de Kyoto et utilisable pour le suivi de grandes parcelles, aucune étude ne s'était jusqu'alors penchée sur la faisabilité de détecter 30 % de couverture arborée sur une surface de seulement 0,5 hectare. Pour explorer cette question et soutenir ainsi le programme EcoMakala, le WWF a initié le projet **MORECA**, en collaboration avec l'Université catholique de Louvain et l'Université libre de Bruxelles.

UNE CARTE D'ÉLIGIBILITÉ TRÈS UTILE

Pour établir la carte d'éligibilité des parcelles, différentes méthodes de classification appliquées aux images SPOT à haute résolution (20 mètres) ont été comparées. L'étude a démontré que, dans une situation de paysages montagneux, fragmentés, comme c'est le cas dans l'est de la RDC, une méthode traditionnelle de classification par pixels (et non par objets) donne des résultats très satisfaisants. Elle présente en outre l'avantage d'être compatible avec le logiciel déjà utilisé à l'antenne locale du WWF à Goma ainsi qu'au siège central de la région.

Les cartes produites permettent de calculer les surfaces occupées par le couvert forestier pour chaque parcelle, tout en tenant compte des erreurs de classification et de positionnement. La carte d'éligibilité ainsi obtenue a permis à l'antenne WWF de Goma de fournir les preuves nécessaires à l'octroi des financements pour les plantations EcoMakala. La méthode développée ayant prouvé son utilité, elle pourra être reproduite pour étayer des demandes de fonds pour d'autres régions avec des critères d'éligibilité différents.

Un second volet du projet **MORECA** a étudié comment suivre l'évolution des parcelles reboisées dans un contexte géographique et social difficile. Les parcelles sont en effet de taille réduite et d'accès malaisé, en raison d'un réseau routier peu développé et de l'insécurité récurrente. Pour élaborer cet outil de suivi, des images satellitaires à très haute résolution et des images radar ont été utilisées. Les images GeoEye à 60 centimètres de résolution permettent de cartographier le couvert forestier de façon détaillée. Elles sont cependant très coûteuses et leur acquisition en zone tropicale est souvent rendue hasardeuse par l'importance de la couverture nuageuse. Les images radar peuvent quant à elles être obtenues par tous





les temps mais leur résolution spatiale est plus faible. Le développement technologique et les tarifs compétitifs pourraient à l'avenir faciliter le développement de tels outils. Les nouvelles perspectives offertes par des satellites comme Pléiades sont à cet égard très intéressantes.

LA BELGIQUE PRODUIT DES SERVICES D'ALERTE

Le programme d'observation de la Terre Copernicus (anciennement GMES) a été initié conjointement par l'Agence spatiale européenne et l'Union européenne afin de doter l'Europe d'une capacité de surveillance indépendante et opérationnelle en matière d'environnement et de sécurité civile, aussi bien à l'échelle locale que globale. La Belgique, activement impliquée dans le programme, met à profit ses pôles d'expertise en télédétection pour développer de nouveaux outils performants. Ceux-ci sont destinés à fournir de l'information fiable, actualisée et de haute qualité qui s'ajuste précisément aux attentes exprimées par les utilisateurs finaux.

Dans ce cadre, l'objectif général des projets **WWW** et **WWW2** est de proposer des services opérationnels globaux à certaines communautés spécifiques d'utilisateurs, et ce en tant que contribution belge à l'un des six domaines d'application définis par le programme

Copernicus, à savoir la surveillance des territoires et des sols. Les phases de conception et de production de ces nouveaux services sont complètement liées, l'Unité de Géomatique de l'Université catholique de Louvain prenant en charge le développement scientifique tandis que le VITO implémente les processus dans des chaînes de traitement opérationnelles.

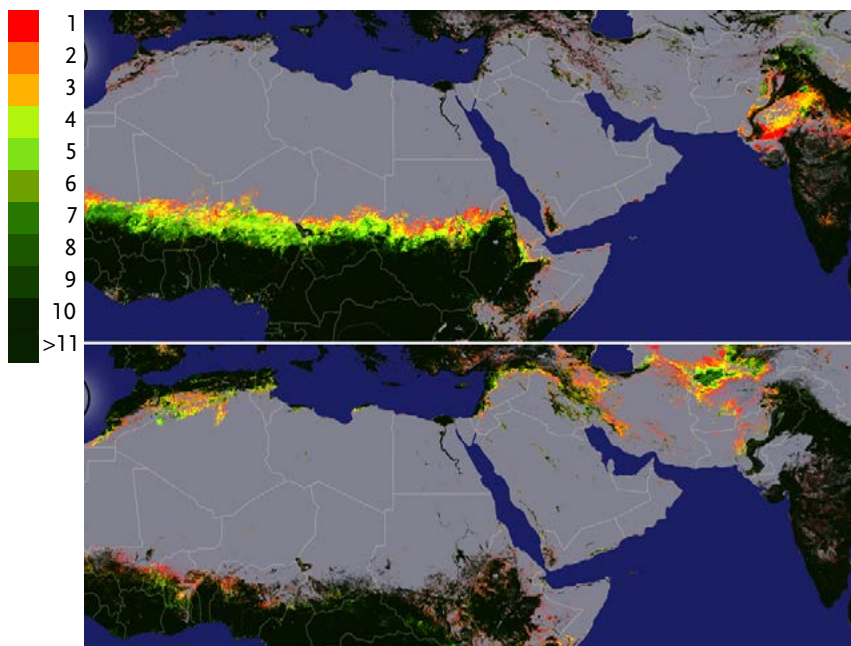
Trois services globaux de surveillance continue, en temps quasi-réel et à l'échelle continentale ont ainsi été proposés : "Criquet pèlerin", "Phénologie des cultures" et "Surveillance des forêts tropicales mondiales".

Ils sont développés en interaction étroite avec leurs utilisateurs futurs et privilégient une approche multi-capteurs, de façon à générer des applications qui puissent bénéficier de la source d'information disponible la plus adaptée.

LE CRIQUET PÈLERIN, UN FLÉAU MILLÉNAIRE

Le service "Criquet pèlerin" répond à une demande du Centre d'Intervention Antiacridien d'Urgence (ECLO) mis en place par la FAO, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, afin de lutter contre le fléau que représentent les invasions de cet insecte ravageur. Inoffensif en mode solitaire, le criquet pèlerin, sous l'influence d'un accroissement de la population d'insectes, passe en effet à une forme grégaire qui constitue une menace extrêmement grave pour l'agriculture. Le criquet pèlerin devient alors redoutable, à cause de sa voracité, de la mobilité de ses essaims qui peuvent parcourir jusqu'à 200 kilomètres par jour et de l'immensité des zones concernées. Celles-ci s'étendent sur 29 millions de km², englobant le sud de l'Europe, la totalité de l'Afrique au nord de l'équateur ainsi que les péninsules arabique et indo-pakistanaise.

Lors des invasions, un criquet adulte peut en un jour consommer l'équivalent en matière fraîche de son propre poids, soit environ 2 grammes. Une tonne de criquets, c'est-à-dire une petite partie seulement d'un essaim de taille moyenne, peut ainsi dévorer quotidiennement la même quantité de nourriture que 2 500 personnes. Polyphage, le criquet pèlerin grégaire s'attaque tant à la végétation naturelle, privant le bétail de son alimentation, qu'aux cultures vivrières et aux plantations. Des pertes de récoltes considérables sont donc souvent à déplorer. Si la situation s'installe, la famine menace et c'est la survie de populations entières qui est en jeu. La grande invasion de 2004-2005 en Afrique de l'Ouest reste encore dans les mémoires, avec un bilan éloquent : 26 pays affectés, 6,5 millions d'hectares dévastés, 13 millions d'hectares traités avec des pesticides et des pertes de récoltes estimées à quelque 2,5 milliards de dollars...



Carte dynamique de la végétation le 1/09/2008 (en haut) et le 21/03/2009 (en bas). Les couleurs représentent le nombre de périodes de 10 jours durant lesquelles la zone a été recouverte de végétation.

DES CARTES DYNAMIQUES DE L'HABITAT DU CRIQUET PÈLERIN

Le projet **WWW** a produit des outils permettant d'améliorer la surveillance de la végétation et des conditions d'humidité dans les zones arides et semi-arides qui constituent l'habitat naturel du criquet pèlerin lors de ses périodes calmes de rémission. Il s'agit de renforcer l'action des équipes locales de contrôle pour empêcher la résurgence des criquets et la formation de grands essaims. En effet, lorsque les précipitations augmentent et que la végétation croît, les criquets pèlerins peuvent se multiplier très rapidement et leur densité peut atteindre des seuils menaçants.

Pour optimiser les systèmes d'alerte précoce, l'équipe du projet a développé une nouvelle méthode d'analyse d'images multispectrales et multitemporelles pour la détection automatique et presque en temps réel de la végétation dans les zones arides et semi-arides. Les images utilisées sont des séries temporelles SPOT VEGETATION et Aqua/Terra MODIS. L'originalité de la méthode consiste à combiner les analyses multispectrales et colorimétriques du signal spectral. Elle se base sur une technique novatrice de prétraitement des images, sur l'utilisation simultanée des 3 canaux Rouge, Infrarouge et Moyen Infrarouge, et sur la transformation du système colorimétrique commun RGB (Red-Green-Blue) en un autre système mieux adapté HSV (Hue-Saturation-Value).

Une chaîne de traitement automatique complète a été développée et génère, sur base des observations quotidiennes des capteurs MODIS et VEGETATION, une carte dynamique de la végétation de l'ensemble de l'aire de rémission du criquet pèlerin. Délivrée de manière

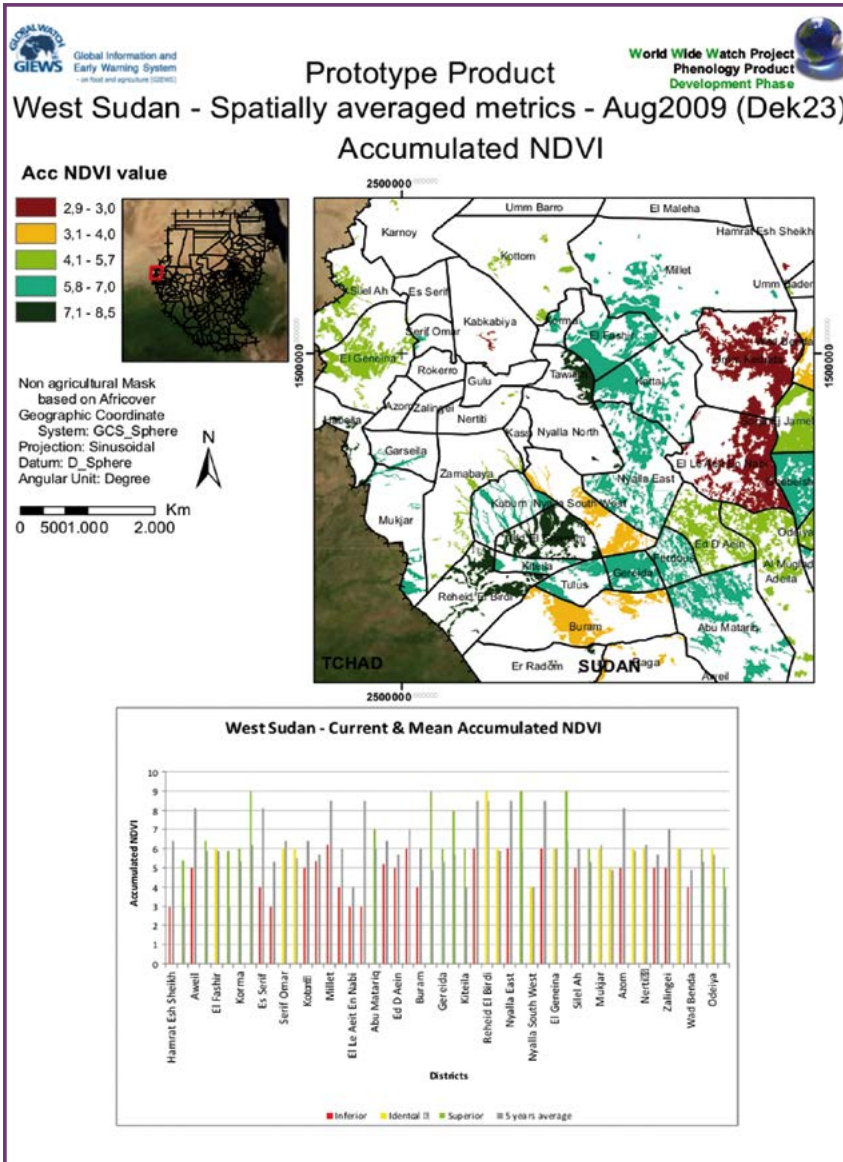
opérationnelle tous les 10 jours par le VITO, cette carte à 250 mètres de résolution résume en un seul fichier image la distribution spatiale et temporelle de la végétation. Elle permet d'identifier plus précisément les zones potentielles de reproduction du criquet et donc de mieux orienter les contrôles de terrain. Pour les équipes en charge des alertes acridiennes à la FAO actives dans le projet, cet outil est une aide précieuse pour la prédiction des calendriers et des zones de reproduction et de migration du criquet pèlerin. La communauté internationale dispose ainsi d'un système d'alerte plus performant et plus rapide qui fonctionne en continu, en temps quasi-réel et à l'échelle continentale.

DEUXIÈME PHASE, SURVEILLER LES FORÊTS ET LES CULTURES

Dans la deuxième phase du projet, **WWW2**, le service "Surveillance des forêts tropicales mondiales" a été initié en réponse à une demande du Centre de surveillance de la conservation de la nature, mis en place par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (UNEP-WCMC). Pour améliorer les systèmes d'alerte, le service consiste à détecter de façon automatique et à l'échelle de la planète les changements au sein des forêts tropicales, notamment les zones déboisées, les feux, les variations de niveau des étendues d'eau (débordements et assèchements), ou encore la régénération de la végétation. Le produit est basé sur des séries d'images saisonnières de basse et moyenne résolution provenant de plusieurs capteurs. La performance d'un tel service dépend en effet de la fréquence d'acquisition d'images de qualité et sans nuages. En zone tropicale, la couverture nuageuse est bien entendu un frein à l'obtention de séries utilisables. En contrepartie, la forêt tropicale étant un environnement présentant un faible niveau de saisonnalité, les acquisitions peuvent être plus espacées.

Le service "Phénologie des cultures" a également été développé en partenariat étroit avec une instance de la FAO, le "Système mondial d'Information et d'Alerte rapide sur l'alimentation et l'agriculture" (SMIAR). Dédié à la sécurité alimentaire, le SMIAR a pour mission de surveiller en continu l'offre et la demande mondiales de produits agricoles, et d'assurer l'alerte précoce des crises alimentaires susceptibles d'affecter certains pays.

Ce service permet de surveiller la variabilité interannuelle des cultures agricoles, à l'échelle régionale ou nationale. Leurs paramètres phénologiques, c'est-à-dire l'observation de leurs phases saisonnières de développement, sont de première importance pour caractériser les zones agro-écologiques. Ce type d'information



Produit phénologique prototype illustrant les valeurs de NDVI accumulées pour une période donnée dans une région de l'ouest du Soudan. Ces données cartographiques sont complétées par des statistiques comparatives sous forme de graphe.

est essentiel pour connaître la situation présente et les perspectives de récoltes mais aussi pour étudier à plus long terme les fluctuations dues au changement climatique.

Traditionnellement, les données phénologiques sont extraites d'un indice de végétation tel que le NDVI, avec une fréquence de 10 jours, et indépendamment du type de couverture de sol et du contexte agro-écologique. À partir de séries

temporelles d'images multispectrales SPOT VEGETATION et MODIS, les équipes de WWW2 se sont attachées à caractériser plus spécifiquement la phénologie de la végétation agricole et à mettre au point une méthode qui tienne compte des types de couverts. L'algorithme proposé peut en effet être réglé en fonction du type de couverture de sol et donc fournir aux utilisateurs finaux des données plus pertinentes. Il est composé d'une série de 10 indicateurs phénologiques importants, parmi lesquels les dates de début et de fin de la période végétative, la date de développement maximal, le taux de croissance et de sénescence, la durée de croissance, etc. Le service "Phénologie des cultures" est en phase de prototype pré-opérationnel et sera à terme intégré dans une version optimisée de la station de travail du SMIAR, la plate-forme web qui gère et distribue les informations mondiales relatives à la sécurité alimentaire.

ESTIMER LES POPULATIONS GRÂCE AUX IMAGES SATELLITES

Pour mener à bien le développement social et économique d'un pays ou d'une région, il est indispensable de connaître avec précision l'état et la dynamique de sa population. Cette information est aussi cruciale pour gérer, en période de crise, les déplacements de civils entraînés par les guerres ou les catastrophes. Malheureusement, de nombreux pays, particulièrement en Afrique, ne disposent que de données partielles et approximatives sur leur nombre réel d'habitants, et ces données sont d'autant moins précises que la population croît rapidement.

Depuis leur émergence à la fin des années 1990, les images satellitaires à très haute résolution offrent des opportunités inédites pour observer les zones habitées de manière détaillée. Si tout ne peut pas être vu à partir de l'espace (par exemple, le nombre de personnes vivant dans une maison), ces images permettent néanmoins de mesurer d'autres paramètres importants comme le nombre d'habitations ou la typologie



DES OUTILS POUR L'AFRIQUE

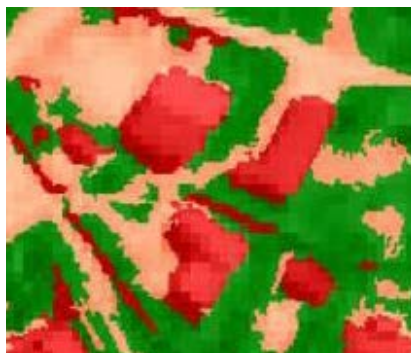
des quartiers, qui peuvent être directement liés au nombre d'habitants.

Le projet **POPSATER** a tenté de développer une nouvelle méthode d'estimation démographique, tant en zone urbaine qu'en zone rurale, basée sur l'utilisation combinée d'images à haute et très haute résolution complétées d'enquêtes de terrain. Il a été initié par un partenariat entre trois entités belges regroupant leurs expertises complémentaires : une société privée spécialisée en produits d'information géographique, une unité de recherche de l'Université libre de Bruxelles et un bureau d'étude axé sur la collecte de terrain et l'analyse de données socio-démographiques.

Extraction automatique du bâti sur une image satellitaire à très haute résolution (QuickBird).



Image satellitaire



Carte de l'occupation du sol
■ Bâtiments
■ Sol nu
■ Végétation

Image QuickBird (60 cm de résolution) d'un quartier de Lubumbashi.



La très haute résolution des images QuickBird (60 centimètres) permet de distinguer les habitations et donc de les compter manuellement ou de manière automatique si le contraste est élevé. Pour estimer la population, une approche directe peut donc être appliquée, en multipliant le nombre d'habitations par le nombre moyen d'occupants, cette dernière information étant extraite d'une série d'enquêtes de terrain. Lubumbashi, en République démocratique du Congo, a été sélectionnée comme zone test de milieu urbain car un recensement y était disponible. L'approche directe a mis en évidence des résultats différents entre le centre-ville et la périphérie, où les chiffres de population obtenus étaient nettement plus proches de la réalité.

Deux facteurs expliquent cette disparité : d'une part, la petite taille et la densité des habitations du centre-ville ne permettent pas d'y détecter automatiquement les habitations individuelles ; d'autre part, la confusion entre les toits des habitations (tôles ondulées) et les routes goudronnées perturbe la bonne extraction du bâti. Afin de résoudre ce problème, d'autres méthodes ont été testées, notamment à partir de l'estimation de la surface habitée : on ne cherche alors plus à comptabiliser les maisons mais bien la surface habitée c'est-à-dire la surface que représentent tous les toits des habitations. Dans ce cas, l'estimation de population repose sur une approche zonale : la surface de la zone bâtie est mesurée et multipliée par la densité d'habitants échantillonnée dans quelques blocs de maisons. À Lubumbashi, il a toutefois été difficile de trouver une unité spatiale où la densité d'occupants était constante. La ville présente en effet une grande diversité au sein d'un même îlot, avec des habitations plus bourgeoises qui côtoient des habitations de bidonville.

En milieu rural, les méthodes ont été testées sur un territoire situé au nord du Bénin. Les résultats obtenus à partir d'images à très haute résolution se sont révélés fiables, mais compte tenu du coût élevé de ces images, la technique n'est pas idéale pour couvrir de grandes étendues. Des tests ont donc été réalisés à l'aide d'images SPOT 5 à haute résolution (5 mètres), moins chères. Ces dernières ne permettent pas d'identifier chaque habitation mais bien d'estimer la surface bâtie. Si les hameaux les plus petits ne sont pas toujours détectés, pour les villages de taille moyenne, la méthode zonale s'est avérée efficace car la densité d'occupants par habitation y est relativement stable.

À la suite de **POPSATER**, de nouvelles collaborations entre l'équipe de démographes et la société de télédétection ont vu le jour et ont permis de remporter plusieurs appels d'offre concernant des estimations de population.