

L'apport des nouvelles technologies au développement de l'Afrique : l'exemple des données satellitaires

*Michel Laurent*¹

En 2000, la Déclaration du Millénaire pour le Développement, adoptée par près de deux cents Etats membres de l'ONU, inscrivait comme prioritaire l'accès de tous aux nouvelles technologies, en particulier celles de l'information et de la communication. Dix ans plus tard, ce principe est réaffirmé par l'Assemblée Générale de l'ONU, à l'occasion du Sommet de révision des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). Ainsi, la huitième résolution qui vise à la mise en place d'un partenariat mondial pour le développement souligne le rôle stratégique de la science et de la technologie, notamment des innovations technologiques, pour contribuer à la réalisation des objectifs du Millénaire :

“Il importe de renforcer considérablement la capacité d'innovation technologique des pays en développement, et la communauté internationale devrait agir d'urgence pour faciliter l'accès aux technologies respectueuses de l'environnement et aux procédés qui en relèvent, en encourageant la mise au point et la diffusion de technologies appropriées, d'un coût raisonnable et écologiquement viables, ainsi que leur transfert à des conditions fixées conventionnellement, afin de renforcer la capacité d'innovation et de recherche-développement des pays concernés.”

1 Les NTIC en Afrique - Etat des lieux et dynamiques en cours

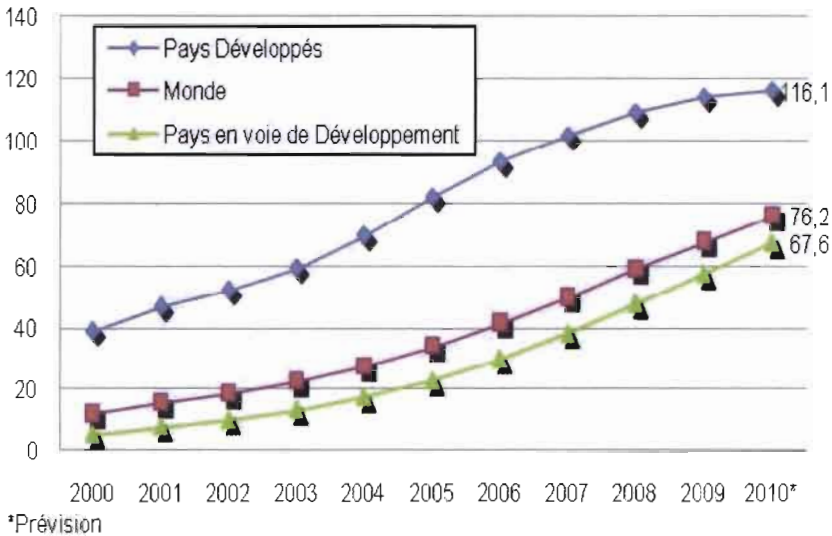
Ainsi que le mettent en exergue les Objectifs du Millénaire pour le Développement, les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) occupent, et vont occuper à terme, une place

1. Président de l'Institut de recherche pour le développement

première dans le développement des pays du Sud, en particulier du continent africain. A commencer par le téléphone mobile et Internet. L'Afrique se positionne ainsi comme l'une des régions du monde les plus dynamiques pour l'essor de ces technologies, même si d'immenses progrès restent à accomplir.

Au cours de ces prochaines années, la téléphonie mobile va connaître une croissance extrêmement importante. Ce secteur devrait passer, dans les cinq ans, de 2.8 à 4.2 milliards de souscriptions. Si l'on prévoit un tassement dans les pays développés, le marché mondial sera soutenu par les pays émergents : 90 % de ce potentiel proviendraient de cette partie du monde, dont 20 % du Moyen Orient et de l'Afrique.

Téléphones portables / 100 habitants, 2000-2010^a



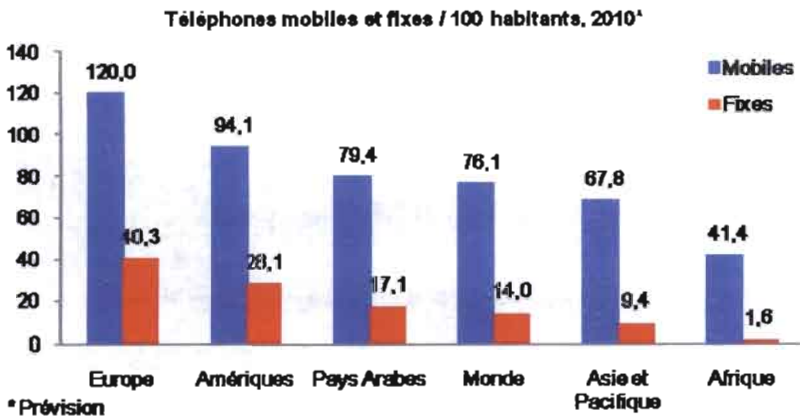
Source: ITU World Telecommunication /ICT Indicators database

Il n'en reste pas moins vrai que, sur le continent africain, le taux de pénétration de la téléphonie mobile reste encore assez bas avec de fortes disparités entre les pays : il s'élève ainsi à 87 % en Afrique du Sud

contre 33 % au Sénégal et 1,5 % en Ethiopie ! D'importants contrastes se dessinent par ailleurs entre la téléphonie mobile et la téléphonie fixe, la première se développant au détriment de la seconde.

Ces mêmes tendances s'observent pour Internet, avec des taux de croissance d'utilisation dans les pays en développement similaires à ceux enregistrés dans le reste de la planète. Ici, l'Afrique accuse un solide retard : le taux de pénétration s'y élève à 10 % en moyenne contre 65 % en Europe par exemple. C'est dans le domaine du haut débit que les décalages demeurent les plus importants. Ainsi, le taux de pénétration de la bande large fixe en Afrique, aujourd'hui encore très faible (0,1 %), reste bien inférieur à celui des pays en développement (2,9 %) et du monde (6 %).

D'un pays africain à l'autre, les écarts dans l'utilisation du réseau sont en outre très marqués avec, par exemple, un taux de 15 % au Sénégal ou de 29 % au Nigeria, contre 0,5 % environ en Ethiopie, en République Centrafricaine et en République démocratique du Congo.



Source: ITU World Telecommunication ICT Indicators database

2 L'apport des technologies spatiales au développement de l'Afrique

Le Plan d'Action consolidé pour l'Afrique (2010-2015), porté par l'Union Africaine et le NEPAD (New Partnership for Africa's Development), confère très clairement un rôle majeur aux sciences et aux technologies pour le développement de ce continent. Il fixe ainsi deux objectifs essentiels :

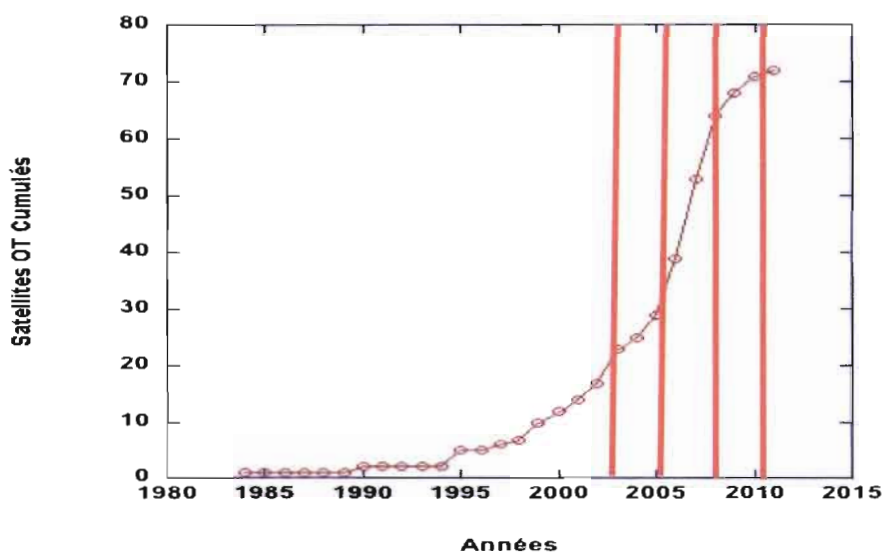
- permettre à l'Afrique de mettre en service et d'appliquer la science, la technologie et les innovations liées pour éradiquer la pauvreté et réaliser un développement durable ;
- assurer que l'Afrique contribue au pool mondial de connaissances scientifiques et aux innovations technologiques.

Dans ce cadre, les applications du spatial seront conduites à occuper une place de tout premier plan. Il s'agira notamment de "renforcer la prise de conscience du public et des décideurs politiques sur les bénéfices des sciences spatiales dans la transformation économique et le développement durable en Afrique".

A l'évidence, les grands défis du développement durable dans les pays du Sud peuvent bénéficier des technologies spatiales. Celles-ci fournissent une masse considérable d'informations dans de multiples domaines : le changement climatique, le cycle de l'eau, les usages et la dégradation des terres, le cycle du carbone, pour n'en citer que quelques-uns. Le monde en développement doit pouvoir utiliser ces connaissances de manière approfondie, en maîtrisant ces outils technologiques. Dès 1986, l'Assemblée générale de l'ONU soulignait d'ailleurs les apports majeurs de la télédétection dont l'usage commençait alors à se généraliser : "Les activités de télédétection sont menées pour le bien et dans l'intérêt de tous les pays, quel que soit leur niveau de développement économique, social ou scientifique et compte dûment tenu des besoins des pays en développement."

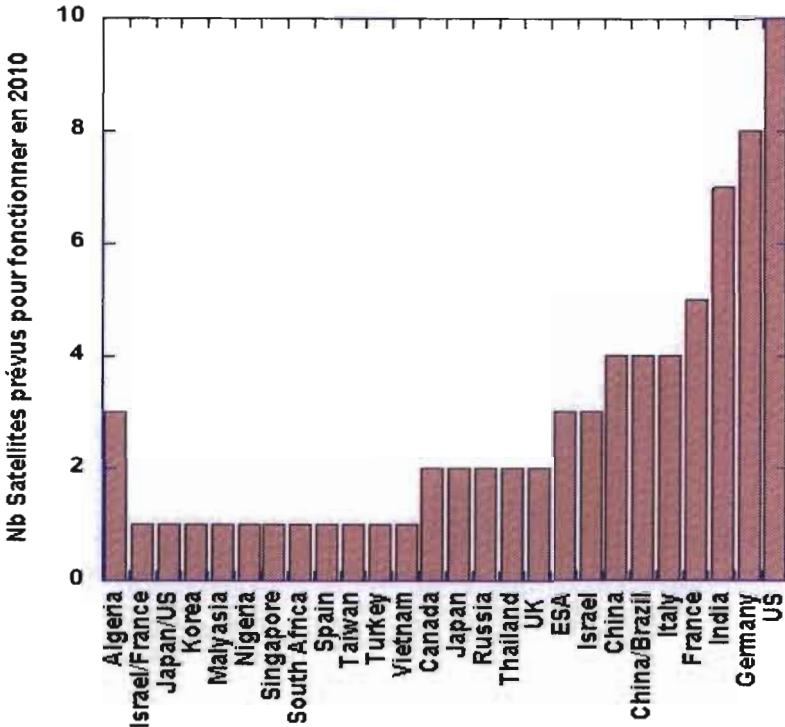
3 Les satellites d'observation de la Terre

Envisat, Spot 4 et 5, Landsat, ERBS, Radarsat, Jason de très nombreux satellites qui tournent au-dessus de nos têtes sont dédiés à l'observation de la Terre. Ils constituent une véritable "tour de Babel", selon l'expression des spécialistes. Il est, sur ce point, intéressant de souligner la très nette augmentation de leur mise en fonctionnement à l'orée du XXI^e siècle, entre 2000 et 2005.



Source : IRD – UMR ESPACE-DEV

Cependant, force est de constater un déséquilibre extrêmement important entre le Nord et le Sud. La plupart des satellites sont conçus et produits par les pays développés (les Etats-Unis, l'Europe et le Japon, notamment), même si la Chine et l'Inde disposent d'un nombre important de satellites en fonctionnement. Le continent africain s'inscrit, lui, à la marge avec des satellites produits à l'unité dans quelques rares pays : l'Afrique du Sud, le Nigeria et l'Algérie, par exemple.



Source : IRD – UMR ESPACE-DEV

Il faut, dans ce domaine, retenir un modèle de coopération Sud-Sud particulièrement intéressant : CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite) promu par la Chine et le Brésil. Lancé en 1998, ce programme associe l'INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) au Brésil et la CAST en Chine (China Academy of Space and Technology). Entièrement dédié à l'observation des ressources terrestres et à la maîtrise de l'environnement, il touche aux grandes questions liées à la déforestation, aux ressources en eau, à l'occupation des sols ainsi qu'au contrôle, en termes de politiques publiques, de l'urbanisation. Il a rencontré un énorme succès, avec 15 000 utilisateurs - dont 1 500 organisations enregistrées en tant qu'utilisateurs de

données CBERS à l'accès libre et gratuit. Il représente également 300 000 images utilisées, soit 250 images par jour environ.

4 Les initiatives et les programmes

Il existe plusieurs grandes initiatives internationales en matière d'observation de la Terre, à commencer par GEO (Global Earth Observation) qui associe 87 pays, et 64 organisations internationales (l'Unesco, le PNUE Programme des Nations Unies pour l'Environnement, la Banque Mondiale, l'ICSU, l'International Council for Science, etc.). Ce cadre institutionnel vise à coordonner un partenariat international en matière d'observation de la Terre, appelé Global Earth Observation System of Systems (GEOSS) dans le cadre d'un plan d'action sur dix ans (2005-2015).

Certains de ces programmes sont dédiés à l'Afrique. C'est le cas de l'AMESD (African Monitoring of the Environment for Sustainable Development), projet panafricain soutenu par l'Union Africaine, par 5 organisations régionales sur ce continent, et financé par l'Union Européenne. Ce projet a notamment permis le renforcement des capacités à utiliser et mettre en œuvre des programmes de gestion durable des ressources naturelles en s'appuyant sur un réseau de plus de 50 stations météorologiques permettant la réception directe de données large champ météorologiques et environnementales. On retiendra également l'initiative GMES (Global Monitoring for Environment and Security) & Africa. Elle s'inscrit dans le cadre de la 8ème Priorité du partenariat Afrique-Union Européenne pour la composante Espace et vise à renforcer les capacités africaines d'observation de la Terre.

5 Les infrastructures

En matière de réception d'images satellitaires, il faut distinguer deux "mondes" : celui de la basse résolution et celui - beaucoup plus récent - de la haute et très haute résolution. L'Afrique possède

une bonne couverture d'infrastructures de réception d'images basse résolution avec des centres de compétences aujourd'hui bien identifiés. Elles concernent, d'une part, l'environnement terrestre offrant des données d'importance, tels les indices de végétation, de précipitation, de feux actifs et de surfaces brûlées. Elles permettent, d'autre part, le suivi des dynamiques océaniques, avec, par exemple, les données relatives à la température de surface de la mer et à la couleur de l'eau, essentielles à la navigation, mais surtout à l'évaluation des ressources marines sur les côtes. On peut, cependant, regretter le manque de liens entre la masse de données produites et leur utilisation opérationnelle. Ces antennes de réception ont été installées et développées par le "Nord" dans le cadre de grands programmes internationaux, mais les pays africains n'en tirent pas aujourd'hui tous les bénéfices qu'ils devraient.

Il n'en reste pas moins que l'utilisation de ces images basse résolution a un impact très positif dans des domaines essentiels aux pays du Sud. Celui de l'agriculture par exemple : il est aujourd'hui possible de réaliser des bilans climatiques en fonction desquels des systèmes d'alerte sont déclenchés. Ces données permettent de prévoir deux, trois ou six mois à l'avance que la production des cultures va être beaucoup plus faible que celle des années antérieures, et donc, de lancer des plans pour tenter de minimiser ces déficits. Les images satellitaires offrent également l'opportunité de réaliser des prévisions de sécheresse, de suivre la progression de la désertification, d'établir des systèmes d'alerte aux feux ou encore d'évaluer l'évolution des précipitations et des ressources en eau [1].

Les images "basse résolution" favorisent également une coopération entre spécialistes de la santé et de l'environnement. Le cycle de transmission de la bactérie *Vibrio cholerae* en offre un excellent exemple. Alors que les foyers de résurgence de choléra se multiplient actuellement, il est crucial de savoir pourquoi cette bactérie fait son apparition à un moment donné. En croisant les données sur l'environnement côtier fournies en continu par les images spatiales

(température, rayonnement solaire, pluviométrie, pH, oxygène dissous, salinité, etc.), autant de facteurs déterminants pour le cycle de vie de la bactérie, il est possible d'établir que toutes les conditions environnementales sont réunies pour que cet agent pathogène se développe de manière rapide et brutale. On peut dès lors prévoir, et donc anticiper, le déclenchement d'épidémies de choléra dans les populations humaines. La coopération entre les sciences de la santé et celles de l'environnement à la faveur de l'utilisation des images satellitaires est également illustrée par les liens entre la déforestation et le développement des maladies infectieuses. Il y a par exemple corrélation entre la destruction des massifs forestiers et l'incidence de cas de paludisme. La surveillance de la déforestation grâce aux satellites peut ainsi donner des éléments extrêmement précis sur les risques d'émergence d'épidémies [2].

L'Afrique présente en revanche une faible densité d'infrastructures de réception d'images haute résolution, du fait des coûts élevés de ces équipements et de la fragilité des institutions. Trois antennes seulement couvrent en partie ce continent : l'une en Afrique du Sud (Johannesburg), la seconde au Kenya (Malindi) et la troisième sur les Iles Canaries (Maspalomas). Elles servent essentiellement à la réception d'images. Une fois réceptionnées, les données sont stockées, pour partie, à Johannesburg, mais nombre d'entre elles sont traitées par les serveurs des pays du Nord. Dans le domaine de la haute résolution également, peu de programmes en cours concernent les pays africains.

Les images satellitaires de basse résolution offrent une définition suffisante pour étudier les surfaces océaniques ou désertiques (un pixel pour cent mètres à un kilomètre). Mais travailler sur des sites plus restreints et à une échelle locale (une vallée ou une parcelle agricole par exemple) nécessite la haute résolution. Cette fenêtre ouverte sur un monde extrêmement précis et détaillé constitue un outil de surveillance de l'environnement. En Guyane, elle contribue à la mise en œuvre de politiques d'aménagement du territoire, en permettant par exemple de calculer les ratios espaces cultivés/espaces défrichés. Elle permet

aussi de réaliser un suivi opérationnel de l'orpaillage. Il est dès lors possible de contrôler les exploitations minières illégales et de mesurer les conséquences dramatiques de la pollution sur l'environnement [3].

6 Des plates-formes technologiques avancées

Les stations de réception d'images satellitaires haute résolution constituent des plates-formes technologiques avancées qui requièrent un fort partenariat. C'est le cas de "SEAS-Guyane" (Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite) exploitant les données issues des satellites Spot 2, 4, 5 et Envisat (radar ASAR). Il associe l'IRD (Institut de recherche pour le développement), le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales), la Région Guyane, l'ESA (Agence Spatiale Européenne), l'Europe, l'Etat français ainsi que la société privée Spot Image-Astrium.

SEAS-Guyane n'est pas seulement une antenne avec un puissant ordinateur en bout de chaîne. C'est une véritable plate-forme technologique qui dispose des capacités de programmation des satellites Spot et Envisat, de stockage et de traitement d'une quantité considérable de données en fonction des besoins de communautés d'utilisateurs (scientifiques, enseignants, gestionnaires, sociétés innovantes) en Amazonie et dans les Caraïbes. Elle requiert donc de l'ingénierie qui nécessite la formation d'étudiants en master et de doctorants, dispensée par nos partenaires académiques, notamment l'Université d'Antilles-Guyane. Grâce à un partenariat entre les laboratoires de recherche et les services de l'Etat, SEAS-Guyane permet aussi de répondre aux commandes publiques en matière de gestion des forêts et de surveillance de l'environnement au sens large. Le secteur privé n'est pas en reste puisque la plate-forme accueille des start-up utilisant cette station de réception d'images satellitaires.

SEAS-Guyane a pour mission de stimuler la production de connaissances scientifiques et de services innovants pour une gestion durable des écosystèmes, le suivi de l'environnement et l'aménagement des territoires. Sa mise en place en 2006, alors que seule une antenne

située au centre du Brésil (Cuiaba) couvrait une partie de l'Amazonie, a offert très rapidement une couverture exceptionnelle de la région amazonienne. Ce dispositif a permis d'acquérir plusieurs centaines de milliers d'images dont plusieurs milliers sont utilisées chaque année dans le cadre de plus d'une centaine de programmes scientifiques et opérationnels. Cette antenne a eu une importance déterminante au regard des négociations du protocole de Kyoto.

La France a pu ainsi valoriser 30 % de sa forêt - part occupée par la forêt guyanaise dans l'ensemble des massifs forestiers français -, en réalisant les premières cartographies des changements d'occupation des terres et des bilans de gaz à effets de serre ; ce qui n'avait jamais pu être fait auparavant. Pour toutes ces raisons, cette plate-forme technologique avancée représente un renforcement de l'attractivité de la région Guyane dans les domaines de la recherche, de la création d'entreprises innovantes, de la mise en place de services opérationnels en prise directe avec le développement régional et la coopération internationale [4].

Sur le plan international, l'opération SEAS-Gabon constitue un partenariat très original entre le Gabon, le Brésil et la France qui s'est mobilisée, notamment, au travers de l'IRD et de l'AFD (Agence Française de Développement). Sa mise en place est le fruit d'un accord tripartite entre ces pays. Il vise à contribuer à l'observation spatiale de l'environnement et des forêts en Afrique centrale, et à renforcer les capacités gabonaises et sous-régionales d'utilisation de ces données satellitaires. Cette antenne, au rayon de 2 800 kilomètres, couvrira les pays du bassin du Congo et, en grande partie, ceux de l'Afrique de l'Ouest. Un protocole d'accord a été signé en juillet 2010 entre l'INPE pour le Brésil, AGEOS (Agence gabonaise d'études et d'Observation spatiale) pour le Gabon et l'IRD pour la France. L'agence gabonaise AGEOS en a confié la maîtrise d'ouvrage déléguée à l'IRD. Ce projet qui promeut une nouvelle forme de coopération Sud-Sud fonctionnera sur le principe d'un libre accès aux données d'observation de la Terre. Il vient, de manière tout à fait opportune, de combler le déficit considérable d'informations sur cette région du continent africain, où

les forêts représentent un immense potentiel à maints égards. Les pays membres de la COMIFAC (Commission de forêts de l'Afrique centrale) sont d'évidence impliqués dans ce projet.

Parmi les projets de coopération internationale où les technologies spatiales sont appelées à jouer un rôle de premier plan, il faut aussi citer celui de la Grande Muraille Verte. Ce projet associe onze Etats de la zone sahélo-saharienne. En mars 2011, l'AAGMV (Agence Panafricaine de la Grande Muraille Verte) a signé un accord avec l'AIRD (Agence inter-établissements de la recherche pour le développement) qui apportera son expertise et accompagnera par la recherche cette formidable initiative à l'échelle de l'Afrique.

Mise en œuvre dans une vaste zone s'étendant de Dakar à Djibouti, la Grande Muraille Verte est un programme de lutte contre la désertification par le reboisement, la création de parcs naturels ou le développement d'activités humaines (élevage notamment). Dans cette région où la désertification est extrêmement aiguë, l'imagerie satellitaire, instrument indispensable pour la production de données de qualité, peut occuper une place majeure dans l'observation et le suivi à court, moyen et long terme de l'environnement.

L'Afrique a besoin de construire un réseau plus dense d'observatoires spatiaux de nouvelle génération. Ceci suppose des plates-formes au très fort potentiel en termes de formation et de recherche, d'innovation et d'expertise auprès des décideurs publics sur les grands enjeux actuels du développement et, bien sûr, de mise en valeur du patrimoine naturel. Pour un pays, avoir une gestion durable de ses ressources nécessite de s'en donner les moyens et, dans ce domaine, en particulier la biodiversité et l'eau, les observatoires spatiaux constituent une instrumentation extrêmement pertinente.

7 Vers un réseau d'observatoires spatiaux de l'environnement pour le développement durable des pays du Sud

Les réseaux d'observatoires spatiaux représentent plusieurs enjeux majeurs pour les pays du Sud. Ils répondent à la nécessité de mettre en œuvre et de consolider des politiques de développement durable aux niveaux national, régional et international. Ils offrent à ces pays une utilisation optimale des nouvelles capacités d'observation de la Terre par satellite pour mettre l'espace au service de la société. Ils contribuent à créer les conditions de développement de capacités propres et durables de suivi de l'environnement. Grâce à une meilleure maîtrise de l'information et de la connaissance, trop souvent aujourd'hui encore aux mains des seuls pays du Nord, de tels réseaux peuvent faciliter la participation active du Sud, notamment de l'Afrique, aux négociations internationales sur le changement climatique.

Il existe d'ores et déjà, dans les régions tropicales et subtropicales, un réseau de stations de réception d'images satellitaires dévolues à la recherche et à la surveillance de l'environnement. Fruit de quinze ans d'investissements, il est doté de cinq antennes "basse résolution" (Polynésie française, Guyane, Canaries, Nouvelle-Calédonie, Ile de la Réunion) et de deux antennes "haute résolution" (SEAS-Guyane et SEAS-OI sur l'île de La Réunion dans l'océan Indien).

Ces antennes sont parties prenantes d'un plus vaste projet de mise en réseau d'observatoires spatiaux de l'environnement dédiés aux pays du Sud. Reposant sur des stations existantes (SEAS-Guyane et SEAS-OI) ou en cours de mise en place (SEAS-Gabon, GEOSUD), ce réseau vise à plusieurs objectifs :

- l'accès durable à des flux de données satellitaires pour construire une politique de données, qui réponde aux besoins des politiques publiques ;
- le développement de recherches comparatives (modélisation et surveillance environnementale) ;

- le développement d'une offre de formation internationale ciblée sur les nouvelles technologies et leurs usages ;
- le développement des services d'observation et de surveillance de l'environnement ;
- le renforcement sur le long terme des capacités locales et régionales au Sud ;
- l'apport d'une aide à la décision.

Les données satellitaires fourniront plusieurs domaines qui sont clés pour l'environnement et dans lesquels les communautés du Sud ont besoin de données fiables, homogènes, cohérentes et validées sur le long terme :

- le suivi des forêts, notamment dans le cadre du protocole REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) ;
- la dégradation des ressources, dans le domaine de la biodiversité et de la sécurité alimentaire, thématique au cœur de la Présidence française du G20 ;
- la lutte contre la désertification, en particulier dans le cadre du projet de la "Grande Muraille Verte" ;
- le suivi des ressources en eau ;
- l'aide à la gestion intégrée des zones côtières ;
- la santé, notamment la capacité d'opérer une surveillance et de bénéficier de mécanismes d'alerte d'épidémies potentielles.

Mettre en place ce réseau d'observatoires spatiaux de l'environnement dédiés au pays du Sud nécessite aujourd'hui d'œuvrer en quatre directions parallèles :

- consolider les projets existants de plates-formes de télédétection, en partenariat avec ces pays, et labelliser les dispositifs dans le cadre de programmes internationaux, comme GEO et GMES ;
- pérenniser les modèles d'exploitation à long terme : il y a un fort potentiel dans les services publiques, mais aussi dans le

secteur privé du fait de multiples possibilités d'innovation et de création de services ;

- fédérer, coordonner et piloter les initiatives en matière d'observation spatiale pour l'environnement au Sud ;
- intégrer les dispositifs d'acquisition, de traitement et de diffusion des données.

Ce projet implique un partenariat entre de nombreux laboratoires français associant des organismes de recherche (le Cirad, le CNRS, l'INRA, l'IRD, etc.) et plusieurs universités, l'Université Pierre et Marie Curie, Joseph Fourier à Grenoble, les universités 1 et 2 de Montpellier pour n'en citer que quelques-unes. Il s'agira de favoriser l'émergence d'un réseau mondial d'observatoires de l'environnement pour le développement des pays du Sud, qui couple formation, recherche, innovation et appui au développement.

Aborder la question de l'apport des sciences de l'espace à la société conduit à être confronté à un modèle qui part du satellite pour aller jusqu'aux décideurs, aux acteurs sociaux et aux citoyens. C'est là toute sa complexité. Pouvoir exploiter toutes les données fournies par les technologies spatiales sur le court, le moyen et le très long terme nécessite un travail immense. En effet, au cours des années à venir, ce développement technologique, au Nord comme au Sud, suscitera une explosion de données et d'images de plus en plus sophistiquées. Il va falloir les stocker et savoir comment les conserver pendant plusieurs décennies, avec une méthodologie impliquant, notamment, l'informatique, le traitement d'image et les mathématiques appliquées.

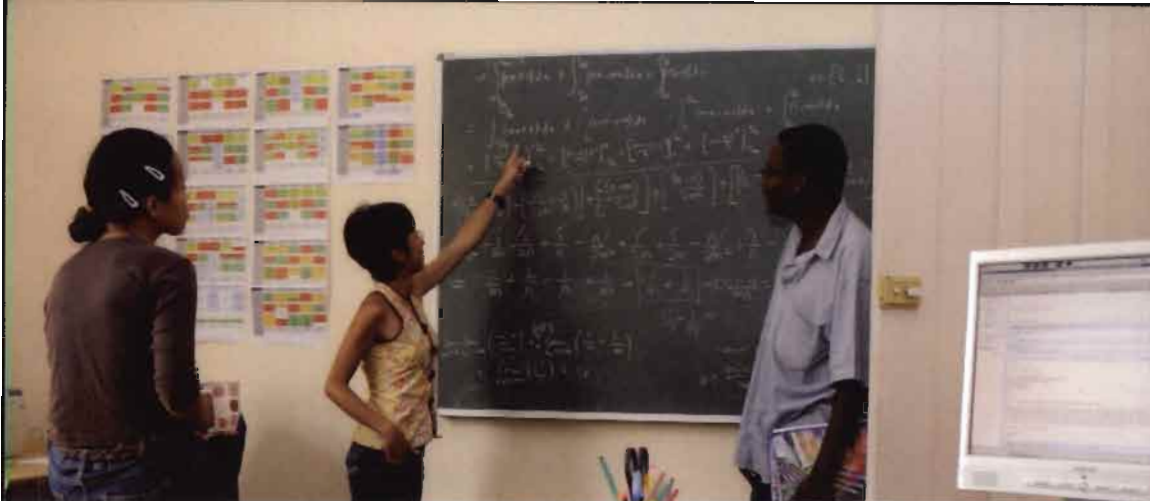
C'est un véritable défi car la stratégie, à l'échelle mondiale, pour traiter toutes les données recueillies depuis une dizaine d'années n'est absolument pas calée ! Sur certaines plates-formes, par exemple, elles sont stockées selon des formats complètement différents et, de ce fait, elles ne sont pas interopérables. Il faudra, d'ici dix à trente ans, pouvoir toutes les exploiter, les mettre en forme et les modéliser. Aussi les spécialistes des sciences dures - notamment des mathématiques fondamentales et appliquées - devront-ils apporter leur expertise.

Mais, en s'impliquant dans ce domaine, ils ne serviront pas seulement les sciences dites "de l'espace", ils répondront aussi aux besoins de la société et du citoyen. Tout simplement parce qu'il s'agit de concevoir un environnement dans une perspective de développement durable, avec une éthique et dans le respect d'un meilleur équilibre entre les grandes régions du monde.

Remerciements à Frédéric Huynh, directeur de l'UMR ESPACE-DEV, Frédérique Seyler, directrice de recherche à l'IRD et Alessandro Rizzo, conseiller auprès du Président de l'IRD.

Références

- [1] G. Begni et al. "La télédétection, outil pour le suivi et l'évaluation de la désertification, Dossier thématique du CSFD, N2, 2005.
- [2] V. Machaut, F. Pages et C. Rogier "Apport de la télédétection à la lutte contre le paludisme", Médecine Tropicale 2009, 69, 151-159.
- [3] D. Moullet, P. Saffache et A.-L. Transler "L'orpillage en Guyane Française : synthèse des connaissances", Etudes Caribéennes 4, 2006.
- [4] www.seas-guyane.org



Afrique, le choix de la science

L'exemple de l'initiative AIMS

Sous la direction de
Vincent Rivasseau

Avec la collaboration de
Mireille Chaleyat-Maurel
Daniel Jagolnitzer

JOUVE
1, rue du Docteur Sauvé - 53100 Mayenne
Imprimé sur presse rotative numérique
N° 909713Y - Dépôt légal : juin 2012

Imprimé en France