PARTIE V

Bilans régionaux de la télédétection

La télédétection en Francophonie : analyse critique et perspectives. Éd. AUF. 2000. p. 429-438

44

La télédétection en Amérique du Nord de 1985 à 1999 : un bilan régional

FERDINAND BONN

Centre d'applications et de recherches en télédétection (CARTEL), Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1K 2R1; téléphone : +1 819 821 8000 poste 2964; télécopieur : +1 819 821 7944; courriel : fbonn@courrier.usherb.ca

1. Le contexte

En 1985, la télédétection satellitale civile venait d'entrer dans sa deuxième génération, celle qui a été dominée par l'utilisation des capteurs satellitaires HRV de SPOT et TM de LANDSAT. La première génération avait auparavant incité la communauté à découvrir les images d'observation de la Terre fournies par MSS de LANDSAT et les satellites météorologiques. Elle avait habitué le public à considérer comme normal le fait que l'on puisse observer la Terre de haut et d'une manière systématique et répétitive. Les données n'étaient alors souvent analysées que de manière visuelle seulement car les outils de traitement d'images étaient encore réservés à quelques laboratoires privilégiés, à cause de leur lourdeur et de leur coût important. Ceci s'est traduit par la mise en place de centres nationaux et régionaux un peu partout dans le monde, avec à la fois un mandat de coordination et un mandat de support technique.

Toutefois, dès 1985, les bases du développement des quinze années suivantes étaient jetées et les agences spatiales annonçaient leurs intentions, qui peuvent se résumer comme suit :

- transfert accru à l'entreprise privée,
- démarche plus commerciale de la distribution des images,
- accent mis davantage sur les produits dérivés que sur les images brutes,
- mise en évidence de l'information extraite et non des données.

Ce mouvement a été amorcé par le programme SPOT, dont l'approche commerciale intégrée pilotée par la France a fait l'envie des milieux nord-américains. Sur ce continent,

le développement des applications de la télédétection était jusque-là confié aux agences spatiales (NASA, NOAA) et à des ministères dont le mandat était la gestion et la cartographie des ressources naturelles. Les images étaient alors vendues à un coût nettement inférieur au coût de production, essentiellement à celui de la reproduction et de la distribution.

Mais le modèle SPOT, avec ses prix de vente élevés, a fait miroiter aux décideurs politiques la possibilité de récupérer une partie importante des coûts de développement et d'opération des satellites d'observation de la Terre. Les nord-américains se sont donc empressés d'imiter ce modèle et de mettre en place des entreprises destinées à la commercialisation des données. La création de ces entreprises s'est faite aussi bien aux États-Unis (EOSAT) qu'au Canada (RADARSAT International). Cela correspondait aussi aux tendances politiques de droite qui était au pouvoir à ce moment-là (Reagan aux USA, Mulroney au Canada). Dans le cas du Canada, la possibilité d'une rentabilité commerciale a été un des arguments majeurs pour la mise en place du programme RADARSAT. Les études de marché faites à ce moment-là prévoyaient des revenus très importants à partir des seules ventes d'images.

Parallèlement, on a pu voir le développement prodigieux de la micro-informatique qui s'est progressivement amorcé au début de la décennie, ce qui a permis de mettre les outils de traitement d'images à la disposition d'un plus grand nombre d'utilisateurs et dans des institutions de plus en plus petites. Le besoin de données numériques a donc augmenté considérablement dans de plus en plus d'institutions, créant ainsi un marché potentiel important.

Enfin, à cause de la nature même des données de télédétection de première génération, les secteurs d'application se sont d'abord développés dans les domaines où la résolution spatiale n'avait pas un rôle trop critique : statistiques agricoles dans les grandes plaines de l'ouest américain, cartographie à petite échelle dans les pays en développement par le biais de programmes d'aide et d'opérateurs nord-américains, étude des courants marins principaux, etc.

C'est à partir de ce contexte que les technologies de deuxième génération et les méthodes d'exploitation correspondantes se sont mises en place. Nous verrons donc, dans l'ordre, l'évolution des technologies nord-américaines de télédétection, l'intégration de l'observation de la Terre à la géomatique, l'évolution du contexte politico-commercial et le rôle des francophones dans cette évolution.

2. Évolution des technologies

Au fur et à mesure du développement de la télédétection, on a toujours cherché à concilier deux objectifs opposés : voir le plus grand territoire possible, mais avec la meilleure précision possible. Bien qu'il soit techniquement possible d'obtenir des limites de résolution plus fines (et cela existe, bien sûr, chez les militaires), il a semblé pendant longtemps que 5 m soit la limite compatible avec une politique d'accès universel aux données à l'échelle internationale, compte tenu des réglementations restrictives de certains pays sur l'usage public des cartes et des photographies aériennes.

Les objectifs d'une limite de résolution spatiale de plus en plus fine interdisent à la fois une vision détaillée du paysage et une grande répétitivité des observations : plus l'image est à petite échelle, moins souvent le satellite pourra repasser au-dessus d'un même site. De plusieurs images par jour pour les satellites météorologiques ou NOAA, on passe à une

image aux 16 jours pour LANDSAT et à une image aux 26 jours pour SPOT. Sur la figure 1, on représente les échelles spatiales et temporelles d'un certain nombre de processus éco-géographiques, adaptés de Earth System Science (NASA, 1988), en les combinant avec les résolutions spatiales et temporelles des principaux satellites d'observation de la Terre. On voit que les deux ensembles se recoupent perpendiculairement dans l'espace-temps, en mettant ainsi en évidence une apparente opposition entre les échelles des phénomènes naturels et les capacités spatio-temporelles des outils de télédétection.

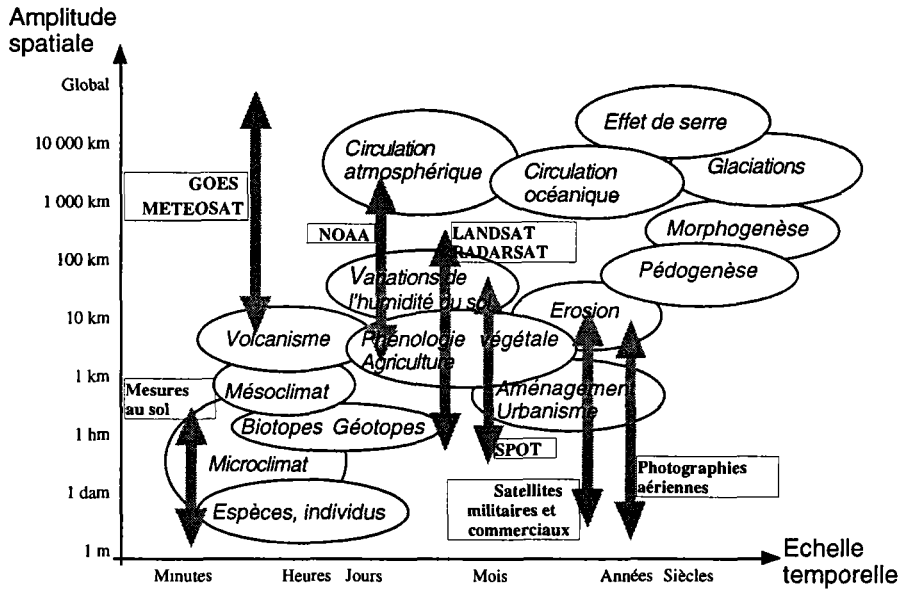
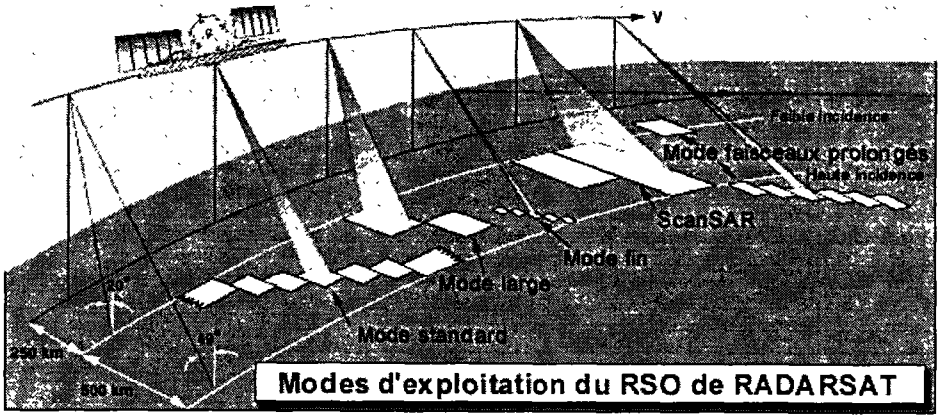


Figure 1. Échelles de temps et d'espace des paysages et de leur dynamique, combinées avec celles des principaux outils d'observation de la Terre

La répétitivité des observations est inversement proportionnelle à la finesse de la résolution recherchée alors que, dans les paysages, ce sont souvent les plus petites unités qui évoluent le plus vite. La haute résolution et la répétitivité à haute fréquence ne peuvent être combinés que par une multiplication des capteurs sous la forme d'une grappe de satellites. Les satellites agiles ou dépointables permettent de contourner partiellement le problème, mais cela se fait au détriment d'autres sites qui pourraient être d'intérêt pour les utilisateurs.

Les capteurs TM de LANDSAT et RSO de RADARSAT illustrent cette limite. L'utilisation de TM pour des phénomènes à évolution rapide ou saisonnière est limitée par cette fréquence temporelle et par la couverture nuageuse. RSO n'est pas limité par les nuages et offre en plus l'accès flexible dans l'espace et dans le temps par les possibilités de dépointage et de programmation, ce qui permet d'avoir deux images du même site le même jour, en combinant les orbites ascendantes et descendantes. Sur la figure 2, on illustre les différents modes d'acquisition des données RSO de RADARSAT.



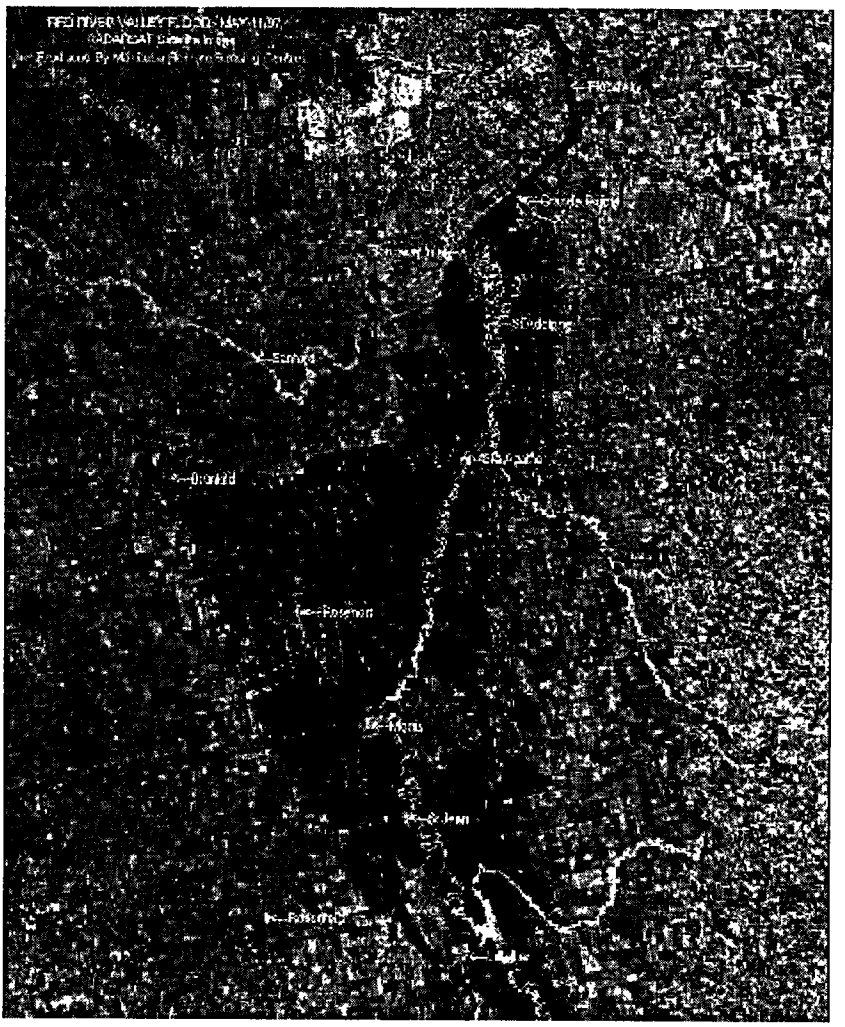
(CD du CCT, 1998)

Figure 2. Les modes d'acquisition du satellite RADARSAT.

Mais l'expérience montre que les conflits d'acquisition entre usagers sont souvent présents, et les opérateurs du satellite doivent faire des choix qui répondent souvent à des priorités économiques. Cette flexibilité, qui, en plus, n'est pas gênée par les nuages, a cependant permis à RSO d'assurer en temps quasi-réel le suivi des glaces flottantes pour la navigation. Lors d'une crue exceptionnelle de la rivière Rouge au Manitoba en 1997, RSO a permis de fournir une information de première main aux équipes de secours et d'intervention sur le terrain, en leur donnant plusieurs fois par jour des cartes spectaculaires des secteurs touchés par l'inondation. Dans ce cas, pour des raisons de rapidité, les traitements appliqués ont été très simples, du type seuillage d'histogramme et rehaussement visuel simple. Sur la figure 3, on montre une de ces images traitées.

Les promoteurs de satellites privés issus de l'industrie militaire américaine proposent des limites de résolution de l'ordre du mètre pour les prochaines années sur des satellites commerciaux, ce qui ouvre la porte à toute une série d'applications autrefois réservées aux photographies aériennes, comme la cartographie topographique ou les études urbaines. Le satellite IKONOS, lancé en 1999, est le premier satellite de cette série. La recherche d'une limite de résolution spatiale de plus en plus fine a cependant des inconvénients : la quantité de données générées augmente en fonction du carré du nombre d'éléments d'image (ou pixels) par côté de celle-ci, ce qui pose un problème sérieux au niveau de la transmission, du stockage et du traitement de l'information. De plus, les images à limite de résolution très fine soulèvent des problèmes d'échelle qui rendent caduques les méthodes d'analyse et de traitement développées avec des données plus grossières. Cela demandera donc le développement de nouvelles approches au niveau du traitement des images, mais aussi au niveau de notre compréhension de la dimension spatiale et temporelle des paysages (SCOTT *et al.*, 1993).

Dans le domaine du traitement des données et de l'extraction de l'information, dans la période concernée, on a vu le développement de nouvelles méthodes d'analyse, dans la foulée de ce qui se passait ailleurs dans le monde. Tout l'art de la télédétection consiste en effet à extraire l'information utile à partir de données qui sont de plus en plus nombreuses et de plus en plus complexes. D'une part, on assiste à une augmentation quasi exponentielle de la quantité d'information disponible, par la multiplication des satellites et la variété des capteurs. Celle-ci s'accompagne d'une amélioration des limites des résolutions spatiale, spectrale et temporelle, cette dernière étant surtout obtenue par la combinaison de données



(CD du CCT, 1998)

Figure 3. Image RSO de RADARSAT de la rivière Rouge au Manitoba durant la crue de 1997. Les secteurs inondés sont représentés par une texture lisse. La ville de Winnipeg est au nord et le secteur inondé se draine vers le canal de dérivation qui contourne la ville par l'est.

venant de plates-formes différentes. D'autre part, nos capacités d'analyse et de traitement des données ne cessent d'augmenter; l'information extraite des images reflète des réalités de plus en plus complexes et nuancées. La multiplication des stations de réception et des réseaux de communications permet une plus grande diffusion de ces informations, mais la complexité croissante des logiciels et des données exige une formation des usagers de plus en plus souvent remise à jour.

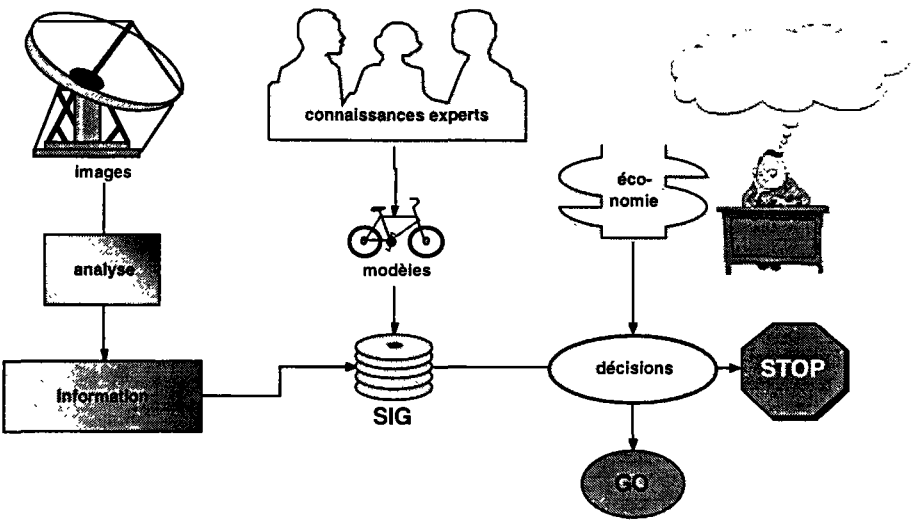
D'un autre côté, cette avalanche de données et de systèmes ne répond pas toujours aux besoins des usagers. Elle correspond à une poussée technologique vers des marchés qui ne sont pas toujours très bien définis et elle ne répond que partiellement aux besoins en

information des gestionnaires des ressources. Le temps très long, souvent de l'ordre de la dizaine d'années, requis pour la conception, la fabrication et le lancement d'un gros système spatial d'observation de la Terre a pour effet que les solutions technologiques qu'on y trouve sont souvent dépassées au moment de leur mise en orbite. On n'a qu'à penser au développement rapide durant les dernières années des télécopieurs et des tables de numérisation dont la technologie est très voisine des capteurs imageurs à barrettes que l'on trouve sur des satellites comme SPOT, mais à une infime fraction du coût. Les nouveaux micro-ordinateurs portatifs graphiques et les caméras vidéo miniaturisées ont atteint un développement tel que leur technologie pourrait être facilement adaptée sur de très petits satellites à coût réduit. Il faut s'attendre à des développements rapides dans ce secteur au cours des prochaines années, et donc, à une nouvelle accélération de la quantité de données disponibles à des coûts de plus en plus bas. Les utilisateurs ont cependant changé leurs approches vis-à-vis de l'analyse des données de télédétection. À la fin de la décennie actuelle, un plus grand nombre d'entre eux se soucie de la qualité des données, de leur représentativité et de leur étalonnage radiométrique. L'information extraite devient donc meilleure et plus fiable et peut être intégrée à des systèmes d'information.

3. L'intégration de l'observation de la Terre à la géomatique

Dans la foulée du développement accéléré de l'informatique, les systèmes d'information géographique (SIG) ont pris beaucoup d'ampleur comme outils d'analyse spatiale, alimentés par les données de télédétection et des données connexes de plus en plus fréquemment disponibles sous forme numérique. Les systèmes voient leur puissance et le nombre de leurs fonctions augmenter régulièrement, tant au niveau du matériel que des logiciels. Les utilisateurs sont de plus en plus conscients des coûts et des bénéfices des SIG pour la mise à jour des grandes bases de données à références spatiales. Les scientifiques et les gestionnaires s'interrogent davantage sur la qualité et la précision des données, en posant des questions sur la propagation des erreurs dans les systèmes d'information (HEUVELINK *et al.*, 1989). La non-réversibilité de certaines opérations, comme les conversions des données matricielles à vectorielles et la multitude de formats variant d'un système à l'autre posent cependant encore des problèmes aux utilisateurs pour le transfert des données (VAN DER KNAAP, 1992). Malgré les progrès réalisés dans les affichages par icônes, l'interface avec l'usager est encore loin d'être convivial pour la plupart des systèmes. Souvent les commandes ne suivent pas une démarche intuitive ou logique, les mêmes fonctions pouvant porter des noms différents selon les fabricants. Mais la situation s'améliore sous l'effet de la demande des usagers et de la pression de la concurrence.

De plus en plus d'applications de la télédétection se développent dans le contexte de la modélisation environnementale, où les données obtenues par les satellites d'observation de la Terre ne sont qu'un des éléments d'une démarche plus large s'appuyant sur l'application et la spatialisation de modèles décrivant le fonctionnement des écosystèmes. Ces modèles peuvent être des modèles de croissance végétale, des modèles de pertes de sol, des modèles de variations climatiques à long terme, ou, plus récemment, des modèles qualitatifs ou semi-quantitatifs laissant une place à l'incertitude. La combinaison des modèles et des SIG constitue un outil puissant d'aide à la décision (GOODCHILD *et al.*, 1993), qui permet d'étendre à un ensemble régional des modèles qui ont été mis au point sur des sites limités. Sur la figure 4, on montre la constitution d'un modèle d'aide à la décision centré sur un SIG, où la télédétection n'intervient que pour évaluer l'utilisation du sol dans la région étudiée.



(adapté de BONN, 1998)

Figure 4. Exemple de conception d'un modèle d'aide à la décision basé sur un SIG et utilisant la télédétection.

Au besoin, les modèles peuvent s'appuyer sur des systèmes experts qui permettent de mettre à profit l'expérience gagnée par des décisions prises antérieurement dans des conditions analogues. Ils constituent donc le support privilégié d'une aide à la prise de décision que l'on retrouve dans des grands projets interdisciplinaires comme le projet BOREAS (Boreal Ecosystem and Atmosphere Study) en Amérique du Nord ou MEDALUS (Mediterranean Desertification and Landuse) en Europe.

Ces projets sont caractérisés par une intégration poussée des composantes physiques, socio-économiques et politiques, sous la forme d'un système informatisé d'aide à la décision (SIAD) dont la partie visible pour les décideurs utilise un niveau de langage simple et non technique qui réfère en arrière-plan à une base de données spatiales et à des systèmes experts utilisant les informations extraites des images aéroportées ou satellitales. Des exemples d'applications pour ce type de systèmes sont le choix de tracés d'autoroutes, de trains à grande vitesse ou de lignes électriques, la gestion de l'évacuation des populations en cas de catastrophe naturelle ou la planification de la lutte contre les incendies de forêt.

4. L'évolution du contexte politico-commercial et du marché des applications

Le développement des applications de la télédétection se situe donc dans un contexte en évolution rapide, où l'on sort de plus en plus des laboratoires de recherche pour intégrer l'information extraite des images dans des mécanismes de gestion et de compréhension du fonctionnement des écosystèmes. Les applications opérationnelles sont toutefois encore peu nombreuses et répondent habituellement à des problèmes simples, comme le calcul des surfaces agricoles et forestières, l'observation des glaces flottantes sur la mer et l'étendue

des inondations. Dans ces deux derniers cas, l'utilisation des données radar a démontré un grand potentiel. De plus en plus, le marché des applications de la télédétection et des SIG passe progressivement entre les mains de bureaux d'études qui ne sont plus nécessairement des entreprises spécialisées dans ce domaine, mais plutôt des entreprises de services en environnement, arpentage, agronomie ou foresterie ayant intégré ces techniques à leurs opérations courantes.

Les tentatives pour rentabiliser la vente d'images par la privatisation des agences de distribution sont un demi-échec, car le jeu de la concurrence aura toujours pour effet de faire baisser les prix en dessous du seuil de rentabilité des entreprises, grâce à la multiplication des sources de données. Les prix affichés pour les images sont rarement respectés dans la pratique, sauf pour des données acquises en commande spéciale et livrées dans un laps de temps très court. Les entreprises de distribution d'images doivent donc être soutenues par les gouvernements, que ce soit directement par des contrats fictifs de vente de données et de services ou indirectement par du prêt de personnel détaché. Les gouvernements sont aussi leurs principaux clients, car ce sont eux qui ont le mandat de la gestion de l'environnement et des ressources naturelles.

Plusieurs intervenants commencent d'ailleurs à remettre en cause le mythe de la privatisation et de la rentabilité de la vente des données, issu des courants politiques conservateurs des années 1980, où une agence spatiale appartenant à un gouvernement doit céder gratuitement ses données à une entreprise privée pour que ce même gouvernement puisse ensuite les racheter au prix fort. Cela revient donc à faire payer les contribuables deux fois pour les mêmes données, puisque le gouvernement finance l'agence spatiale et la fabrication des données. Les agences spatiales ont donc été obligées de mettre en place une multitude de programmes de promotion de l'utilisation des images (PEPS, ADRO, PPUR, EDOT) permettant de contourner ces règles commerciales pour fournir des données à prix réduit aux utilisateurs à faible revenu comme les universités. Certains suggèrent donc d'adopter pour les données d'observation de la Terre une politique commerciale qui ressemble à celle qui est utilisée pour les données météorologiques, considérées comme faisant partie du patrimoine public national et vendues à un prix qui couvre essentiellement les frais de reproduction. Les États-Unis sont plus avancés que beaucoup d'autres pays sur cette question en donnant même un accès quasi gratuit aux données topographiques numériques (ROCHON. 1999).

Les données du capteur ETM de LANDSAT-7 seront disponibles au prix raisonnable de 400 $ US pour une image entière, ce qui est abordable même pour des laboratoires universitaires. Les États-Unis ont donc laissé au secteur privé le marché des données à très haute résolution spatiale avec les satellites comme IKONOS et Orbimage qui font concurrence à la photographie aérienne. Les utilisateurs à faible budget pourront donc se payer le luxe d'acheter des images ETM de LANDSAT au prix affiché plutôt que de dépenser leur énergie en formalités administratives pour bénéficier des programmes à prix réduit. Cette politique aura certainement un effet d'entraînement sur les satellites concurrents.

Le programme canadien RADARSAT-2 et la société de distribution RADARSAT International sont passés récemment sous contrôle américain par le biais du rachat de la société MDA par Orbimage. RADARSAT-2 sera donc un satellite américain payé par les contribuables canadiens!

5. Le rôle des francophones dans cette évolution

Les francophones constituent moins de 3 % de la population nord-américaine et ils sont surtout concentrés au Québec. En dehors du Québec, leur présence est plus un élément folklorique qu'une force économique mais, par contre, au Québec leur force économique et leur dynamisme dépassent leur poids démographique. Le Québec a contribué pour un montant important au financement du programme RADARSAT-1. Le Gouvernement fédéral canadien offre des services en français (essentiellement de la traduction, donc une information de deuxième main, retardée et aseptisée) dans les régions « où le nombre le justifie ».

Mais, d'un autre côté, le Gouvernement fédéral invalide régulièrement par ses tribunaux constitutionnels les lois québécoises visant à protéger la langue française, sous la pression des extrémistes de la minorité privilégiée des anglophones du Québec soucieuse de préserver son « apartheid » linguistique. Dans le domaine de la télédétection, les organismes dirigeants du domaine spatial (Agence spatiale canadienne, Centre canadien de télédétection) sont essentiellement issus de la communauté anglophone de l'aviation et des télécommunications. Cette communauté, fortement royaliste et conservatrice (le Duc d'Édimbourg est encore le « patron » de la Société canadienne de télédétection), n'a pas cédé facilement la place aux francophones et ceux-ci occupent presque toujours des postes subalternes dans les organisations fédérales, à moins qu'ils ne renoncent à travailler et à communiquer en français.

Toutefois, les francophones sont très actifs et ont développé un grand nombre des applications innovatrices de la télédétection et de la géomatique au Canada. L'Association québécoise de télédétection, établie en 1974, compte plus de membres que la Société canadienne du même nom. Les québécois sont proportionnellement plus actifs au plan international par le biais de leurs entreprises plus jeunes et plus dynamiques, leur productivité scientifique dans le domaine est supérieure et ils ont développé de nombreux liens entre les universités et les industries. Le Québec offre le seul doctorat en télédétection au Canada (Sherbrooke) et a mis récemment en place un réseau pan-canadien de centres d'excellence en géomatique (GÉOIDE) basé à l'Université Laval. Le CARTEL (Centre d'applications et de recherches en télédétection) de l'Université de Sherbrooke est le plus important centre au Canada dans le domaine (11 professeurs, 50 étudiants de 2ème et 3ème cycle) et il entretient de nombreuses relations internationales, dont la coordination du Réseau de télédétection de l'AUF de 1987 à 1999. Le Précis de télédétection rédigé dans le cadre de ce réseau (BONN et ROCHON, 1992) a été tiré à 6 000 copies et il est utilisé dans tous les pays francophones. Les actions combinées du réseau et de l'AQT ont eu un effet majeur d'internationalisation de la télédétection francophone au Canada.

Plusieurs autres universités québécoises offrent des programmes partiels ou complémentaires en télédétection (Université Laval, INRS-eau, Université de Montréal, UQAM, UQTR, UQAC, UQAR, Université McGill, École de technologie supérieure) et participent activement à des équipes inter-universitaires. Ce dynamisme des institutions québécoises dans le domaine est complété par celui des entreprises, dont les dirigeants et les employés sont souvent issus du réseau universitaire québécois en télédétection. Les intervenants québécois dans le domaine ont donc réussi proportionnellement mieux que leurs concurrents anglophones, malgré un soutien gouvernemental plus limité. Mais ce dynamisme reste fragile malgré tout, à cause de la masse critique toujours faible de la communauté francophone en Amérique du Nord.

6. Références

BONN, F. 1998. La spatialisation des modèles d'érosion des sols à l'aide de la télédétection et des SIG : possibilités, erreurs et limites. *Sécheresse, science et changements planétaires*, vol. 9, n° 3, p. 185-192.

BONN, F. et ROCHON, G. 1992. *Précis de Télédétection, Vol. 1, Principes et Méthodes.* Les Presses de l'Université du Québec et AUPELF-UREF, Sainte-Foy, 485 p.

CCT. 1998. RADARSAT Monitors the 1997 Red River Flood in Manitoba. CD-ROM, Centre canadien de télédétection et Agence spatiale canadienne.

GOODCHILD, M.F., PARKS, B.O. and STEYAERT, L.T. 1993. *Environmental modeling with GIS.* Oxford University Press, 488 p.

HEUVELINK, G.B.M., BURROUGH, P.A. and STEIN, A. 1989. Propagation of errors in spatial modelling with GIS. Int. Journ. of GIS, vol. 3, p. 303-322.

NASA, 1988. *Earth system science, a closer view: a program for global change.* 208 p.

ROCHON, G. 1999. L'accès aux données à références spatiales. Conférence invitée, VIII[es] journées scientifiques de l'AUF, Lausanne, Novembre 1999.

SCOTT, J.M., DAVIS, F., CSUTI, B., NOSS, R., BUTTERFIELD, B., GROVES, C., ANDERSON, H., CAICCO, S., D'ERCHIA, F., EDWARDS, T.C., ULLIMAN, J. and WRIGHT, R.G. 1993. Gap analysis: a geographical approach to protection of biological diversity. Wildlife Monographs. n° 123, p. 1-41.

VAN DER KNAAP, W.G.M. 1992. The vector to raster conversion: (mis)use in geographical information systems. Int. Journ. of GIS, vol. 6, p. 159-170.

La télédétection en Francophonie : analyse critique et perspectives. Éd. AUF. 2000. p. 439-456

45

Bilan régional de la télédétection en Afrique subsaharienne

EMMANUEL TONYÉ

Laboratoire d'électronique et de traitement du signal, Département de génie électrique, École nationale supérieure polytechnique de Yaoundé, B.P. 8390, Yaoundé, Cameroun; téléphone : +237 22-86-20; télécopieur: + 237 23-18-41; courriel : etonye@polytech.uninet.cm ou tonyee@hotmail.com

Résumé

Le bilan régional « Afrique subsaharienne » sur le développement de la télédétection au cours de la dernière décennie a été fait et les constats suivants émergent :

1) l'évolution des laboratoires et de la formation universitaire, des agences gouvernementales et des entreprises privées est timide;

2) des instituts nationaux de cartographie affichent une politique volontariste de modernisation de leur appareil de production de cartes faisant recours à l'outil télédétection;

3) les capacités accrues de la microinformatique depuis 1995 permettent l'utilisation des techniques et des méthodes sophistiquées de traitement numérique d'images; certaines équipes développent leur propre outil de traitement d'image ou alors adaptent ceux du marché à leur préoccupation nationale de traitement; en dehors des micro-ordinateurs, très peu d'équipements de terrain et d'édition, notamment de cartes, ne sont disponibles;

4) les perspectives de développement peuvent être identifiées de la manière suivante :

- le besoin en images, notamment multisources, multidates et de haute résolution reste crucial;
- le besoin en formation tant initiale que continue doit s'appuyer sur les possibilités d'enseignement à distance notamment par Internet et aboutir à des actions de mise en œuvre de curricula de formation en télédétection dans le cadre de l'Université virtuelle francophone apparaît comme un objectif majeur;
- le besoin en techniques, méthodes et applications des utilisateurs passe par une

campagne de sensibilisation notamment la tenue régulière des séminaires, de journées scientifiques et autres campagnes d'informations.

1. Introduction

Pour faire le bilan régional « Afrique subsaharienne » sur le développement de la télédétection au cours de la dernière décennie, on peut notamment recourir aux publications des organisations suivantes :

- le Réseau Télédétection de l'Agence universitaire de la Francophonie (AUF) à travers, d'une part, le répertoire des membres et, d'autre part, les actes des journées scientifiques de télédétection;
- l'Agence spatiale européenne à travers les actes des congrès et des séminaires organisés annuellement;
- le Colloque africain de recherche en information (CARI) à travers les communications concernant la télédétection, d'une part, et les travaux du projet VOAR (Vision par ordinateur en Afrique par la recherche) coordonné par l'INRIA français, d'autre part.

De plus, à partir d'une base de données du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et celle de l'Association africaine de télédétection, un échantillon d'une vingtaine de personnes ressources permet de réaliser le bilan en mettant notamment l'accent sur les aspects suivants : 1) la situation des laboratoires et de la formation universitaire; 2) les efforts des instituts nationaux de cartographie; 3) l'évolution de l'utilisation d'images, des techniques et méthodes; 4) les perspectives de développement ainsi que le rôle du réseau télédétection de l'Agence universitaire de la Francophonie.

2. Situation des laboratoires et de la formation universitaire

L'évolution des laboratoires et de la formation universitaire, des agences gouvernementales et des entreprises privées est timide. Dans bien des pays, elle se manifeste par des documents écrits qui ne traduisent pas toujours la même pertinence dans l'action réelle des équipes. Dans la plupart des pays, on compte en moyenne 2 à 3 laboratoires, 1 à 2 formations universitaires ainsi que plusieurs programmes gouvernementaux en relation avec les problèmes environnementaux et l'agriculture. Des entreprises privées, particulièrement celles des industries pétrolières, de production d'énergie électrique et de distribution des eaux développent des programmes de télédétection. Ces études recourent systématiquement à l'expertise internationale et non locale.

3. Instituts nationaux de cartographie

Des instituts nationaux de cartographie affichent une politique volontariste de modernisation de leur appareil de production de cartes faisant recours à l'outil télédétection. Des programmes nationaux notamment de lutte contre les catastrophes, d'aménagement du territoire encouragent l'usage de la télédétection pour l'établissement de spatio-cartes à intégrer dans les systèmes d'information géographique. Le programme régional de gestion

de l'information environnementale en Afrique Centrale avec les appuis du PNUD, des coopérations française, belge, allemande et canadienne est un exemple de vision novatrice, initiée en 1997, faisant recours à l'outil télédétection.

4. Évolution de l'utilisation d'images, des techniques et méthodes

L'évolution de l'utilisation d'images, des techniques et méthodes suit les progrès internationaux à cause de la mobilité des chercheurs. À l'utilisation des images du visible et de l'infrarouge, en 1990, se substitue soit l'utilisation combinée de ces images avec les images radar, soit exclusivement l'utilisation des images radar particulièrement dans les zones à fort couvert nuageux. La disponibilité des images multidates reste assez peu établie ainsi que celle des images à résolution inférieure à 10 m. Les capacités accrues de la microinformatique depuis 1995 permettent l'utilisation des techniques et des méthodes sophistiquées de traitement numérique d'images. Certaines équipes développent leur propre outil de traitement d'image ou alors adaptent ceux du marché à leur préoccupation nationale de traitement. En dehors des micro-ordinateurs, très peu d'équipements de terrain et d'édition, notamment de cartes, ne sont disponibles.

5. Perspectives de développement

Les perspectives de développement peuvent être identifiées de la manière suivante :

a) le besoin en images, notamment multisources, multidates et de haute résolution reste crucial; il faut encourager les partenariats nord/Afrique subsaharienne comme solution à l'acquisition d'images en quantité et en qualité;

b) le besoin en formation tant initiale que continue doit s'appuyer sur les possibilités d'enseignement à distance notamment par Internet;

c) le besoin en techniques, méthodes et applications des utilisateurs passe par une campagne de sensibilisation notamment la tenue régulière des séminaires, de journées scientifiques et autres campagnes d'informations.

6. Rôle du Réseau Télédétection

Le rôle du Réseau Télédétection a été très déterminant. Grâce à l'impulsion du Réseau, des équipes de plusieurs membres ont pu se constituer. Les premiers résultats concernent la formation des formateurs. La mobilité des chercheurs africains en direction du nord pour des stages et l'accueil des chercheurs du nord en Afrique pour animer des séminaires est une nécessité et un impératif qu'il faut continuer à encourager. Aboutir à des actions de mise en œuvre de curricula de formation en télédétection dans le cadre de l'université virtuelle francophone apparaît comme un objectif majeur. Des résultats encourageants apparaissent sur les tableaux 1 et 2 et sur la figure 1. Les résultats des tableaux 3 et 4 et de la figure 2 découlent d'autres initiatives. Ces sources des références ne sont pas les seules; elles sont présentées pour montrer l'effort des chercheurs des pays d'Afrique Subsaharienne.

Tableau 1. Nombre de membres et d'organisations africaines dans le Réseau Télédétection en novembre 1999 et comparaison avec celui de l'AARSE

PAYS	AUF		AARSE	
	Nombre de membres	Nombre d'organismes	Nombre de membres	Nombre d'organismes
ALGÉRIE	44	10	1	1
BÉNIN	13	4	7	2
BOTSWANA			1	1
BURKINA FASO	17	14	7	2
BURUNDI	1		1	
CAMEROUN	19	15		
CAP VERT	1	0		
COMORES			1	
CONGO	5	5		
CÔTE D'IVOIRE	66	18	11	4
DJIBOUTI		1		
ÉGYPTE	3		20	
ÉTHIOPIE		1	4	1
GABON	5	5		
GAMBIE			1	1
GHANA			13	4
GUINÉE	5	4		
ILE MAURICE	2			
KENYA	1	1	4	1
MADAGASCAR	24	8	2	1
MALAWI			4	2
MALI	5	11	2	
MAROC	50	16	1	
MAURITANIE	5	3	1	
MOZAMBIQUE			1	1
NIGER	7	3	8	1
NIGERIA		1	78	9
OUGANDA			1	1
RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE (RCA)	1			
RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO (RDC)	3	7		
RWANDA	1	1		
SÉNÉGAL	43	15	20	2
SIERRA LEONE			1	
SOUDAN			3	2
TANZANIE			5	2
TCHAD	5	1	6	2
TOGO	7	1		
TUNISIE	34	16	2	2
ZIMBABWE			2	

AUF = Réseau Télédétection de l'Agence universitaire de la Francophonie
AARSE = Réseau African Association of Remote Sensing of the Environment

Tableau 2. Publications des ressortissants des pays africains subsahariens lors des Journées scientifiques de Télédétection

Thématiques	Pays	Titre des travaux et auteurs
1990 : Apports de la télédétection à la lutte contre la sécheresse	Burkina-Faso, Ouagadougou	1. Un exemple de suivi diachronique de milieux saoudano-sahéliens au Burkina-Faso par télédétection. Auteur : JEAN-MARIE OUADBA
	Côte-d'Ivoire, Abidjan	1. Étude de l'évolution de la végétation du "V Baoulé" (contrat forêt/savane en Côte-d'Ivoire) par télédétection. Auteur : KOUAKOU ÉDOUARD N'GUESSAN 2. Étude par télédétection de l'évolution de l'environnement péri-lagunaire de Bingerville, Bassam et Ono. Auteurs : KOUAKOU ÉDOUARD N'GUESSAN, YOUPO OREGA et MAMADOU FOFANA
	Mali, Bamako	1. Évaluation des images TM et SPOT pour le suivi de l'étalement du fleuve Niger (Mali) dans une perspective d'aménagement hydro-agricole. Auteurs : KEITH P. B. THOMSON, PAUL GILBERT, SOUMALIA SAMAKÉ et ANNICK JATON
	Niger, Niamey	1. Utilisation de la télédétection pour l'aménagement agricole au Sahel. Auteurs : ABDOUL'RHAMANE IRO, MICHEL YERGEAU et GOZE BERTIN BÉNIÉ 2. Les modelés éoliens de la région de Zinder (Niger méridional), étude de photogéomorphisme, note préliminaire. Auteurs : SALIFOU KARIMOUNE, ANDRÉ OZER et MICHEL ERPICUM
	Sénégal, Dakar	1. L'approche du Centre de recherches pour le développement international dans la lutte contre la désertification en Afrique et l'apport de son programme en cartographie et télédétection. Auteurs : ALIOUNE B. CAMARA, GILLES CLICHE et ROBERT VALANTIN 2. Détection et évolution saisonnière des sols salés et acidifiés du domaine fluvio-marin de basse Casamance au Sénégal, par imagerie satellitaire. Auteurs : BERNARD MOUGENOT, PATRICK ZANTE et JEAN-PIERRE MONTOROI

Thématiques	Pays	Titre des travaux et auteurs
	Sénégal, Dakar (suite)	3. Analyse spatiale de la pression animale comme facteur de désertification dans le nord du Sénégal. Auteur : YVES PRÉVOST
1991 : Télédétection appliquée à la cartographie thématique et topographique	Burkina-Faso, Ouagadougou	1. Les facteurs de productivité des aquifères du socle cristallin du Burkina-Faso : l'exemple de Pobé-Mengao. Auteurs : SAMUEL NAKOLENDOUSSE, ALAIN NINDAOUA SAVADOGO et A. ROULEAU 2. Inventaire cartographique des ressources renouvelables du Burkina-Faso par télédétection. Auteurs : JACQUES FONTÉS et SITA GUINKO
	Côte d'Ivoire, Abidjan	1. Suivi par télédétection spatiale d'une forêt dense tropicale humide soumise à des pressions agricoles. Auteur : KOUAKOU ÉDOUARD N'GUESSAN
	Mali, Bamako	1. Utilisation des bandes spectrales du vert et du rouge pour une meilleure évaluation des formation végétales actives. Auteurs : PHILIPPE CHAMARD, MARIE-FRANÇOISE COUREL, MICHELE DUCOUSSO, MARIE-CLAIRE GUÉNEGOU, JEANNINE LE RHUN, JACQUES-ÉDOUARD LEVASSEUR, CATHERINE LOISEL et MEME TOGOLA
	Niger, Niamey	1. Suivi par télédétection de l'évolution de la désertification dans la région de Zinder (Niger). Auteurs : SALIFOU KARIMOUNE, JEAN ALEXANDRE et ANDRÉ OZER
	Sénégal, Dakar	1. Contribution de l'imagerie satellitaire à l'optimisation des aménagements hydro-agricoles dans la moyenne vallée du Sénégal. Auteurs : LUC SÉGUIS, HERVÉ CHEVILLOTTE, CHANTAL GASCUEL, PASCAL BOIVIN et ÉRIK BRAUDEAU
	Zaïre, Buta	1. La carte morphostructurale de l'Ituri oriental (nord-est du Zaïre) : étude à partir de données satellitaires TM de Landsat. Auteurs : MOKILI MBULUYO, ANDRÉ OZER et JOHAN LAVREAU

Thématiques	Pays	Titre des travaux et auteurs
1993 : Télédétection des ressources en eau	Burkina Faso, Ouagadougou	1. Cartographie opérationnelle des ressources en eau de surface au Burkina Faso. Auteurs : YAZON GNOUMOU, MICHEL YERGEAU, GOZE BERTIN BÉNIÉ, KARIM TRAORÉ, HÉDIA CHAKROUN, KALIFA GOITA et ABDOULRASMANE TAO
	Côte d'Ivoire, Abidjan	1. Application de la télédétection à la recherche des eaux souterraines en milieu cristallin : cas d'Odienné, Côte d'Ivoire. Auteurs : ISSIAKA SAVANE, GOZE BERTIN BÉNIÉ, Q. HUGH J. GWYN et JEAN BIÉMI 2. Caractérisation du panache turbide d'un fleuve en zone intertropicale à l'aide d'une image HRV de SPOT : cas du Bandama en Côte d'Ivoire. Auteurs : KOUAKOU AFFIAN, PATRICE JOURDA, KOUAMÉ AKA et JACQUES ABE
	Niamey, Niger	1. Contribution de la télédétection et des mesures spectrales à l'étude de la désertification dans le secteur sahélien du Niger. Auteurs : SALIFOU KARIMOUNE, ANDRÉ OZER, PHILIPPE TREFOIS et ELS GOOSSENS
	Sénégal, Dakar	1. Modélisation de la signature spectrale d'eau continentale par prise en compte de l'épaisseur de la tranche d'eau, de la nature du fond et de la concentration de matières en suspension : exemple du fleuve Sénégal. Auteur : LUC SÉGUIS 2. Evolution morphodynamique et suivi par télédétection de l'embouchure du fleuve Sénégal. Auteur : ALIOUNE KANE
1995 : Télédétection des milieux urbains et périurbains	Bénin, Cotonou	1. Application de la télédétection à l'étude des changements urbains et des transformations du littoral à Cotonou (Bénin). Auteur : CLAUDE LUCIEN CODJIA
	Burkina Faso Ouagadougou	1. Apport de la télédétection et des SIG à la gestion urbaine : cas de Ouagadougou (Burkina Faso). Auteurs : NOUROU MOUCHARAF PADONOU, MAMADOU SINE CAMARA et MAMADOU SEKOU KEITA

Thématiques	Pays	Titre des travaux et auteurs
	Cameroun, Yaoundé	1. Identification des acteurs de la production de l'espace en milieu africain à partir de l'imagerie satellitaire : exemples de Bamako (Mali) et de Maroua (Cameroun). Auteur : MICHEL SIMEU KAMDEM
	Mauritanie, Nouakchott	1. Technique d'élaboration d'une spatiocarte de la région de Rosso (Mauritanie). Auteur : CHEIKH SOW
	Sénégal, Dakar-Fann	1. Détermination d'indices pluvieux de perturbations d'hiver sur le Sénégal, entre 1989 et 1991, par une combinaison de données radiométriques et de mesures pluviométriques. Auteurs : AMADOU THIERNO GAYE et SIMÉON FONGANG
1997 : La réalité de terrain en télédétection : pratiques et méthodes	Bénin, Cotonou	1. Méthode pratique d'amélioration des classifications dirigées dans l'étude de l'habitat de la ville de Cotonou (Bénin). Auteurs : CLAUDE LUCIEN CODJIA et ÉTIENNE DOMINGO 2. Utilisation des mesures au sol et des données satellitaires pour l'étude de la dynamique du trait de côte de la ville de Cotonou. Auteurs : CLAUDE LUCIEN CODJIA et ÉTIENNE DOMINGO
	Cameroun, Yaoundé	1. Analyse comparée de la dynamique spatiale des villes de Bamako (Mali) et de Garoua (Cameroun) à partir d'images satellitaires et de données auxiliaires. Auteurs : JACQUES CHAMPAUD, RÉGINE CHAUME, NADINE DESSAY, BALLA DIARRA, et MICHEL SIMEU KAMDEM 2. Application de la réalité de terrain et de l'imagerie radar à la cartographie des mangroves de la région de Douala (Cameroun). Auteurs : EMMANUEL TONYÉ et ALAIN AKONO
	Côte d'Ivoire, Abidjan	1. Techniques de prétraitement des données photométriques. Auteurs : ABDOURAHAMANE KONARE, JEAN BERTRAND, MICHEL LEGRAND, CLAUDE DEVAUX et IROPLO CLARK

Thématiques	Pays	Titre des travaux et auteurs
	Côte d'Ivoire, Abidjan (suite)	2. Exemple de traitement numérique de données auxiliaires du type photographies aériennes : étude de la dynamique côtière en liaison avec le canyon du Trou Sans Fond au droit du port d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Auteurs : KOUADIO AFFIAN, JEAN BIÉMI et PIERRE GIOAN 3. Système d'information hydrogéologique pour une évaluation du potentiel hydrique en milieu cristallophyllien fissuré : la région de Biankouma-Man (ouest de la Côte d'Ivoire). Auteurs : JEAN BIÉMI, PIERRE GIOAN, KOUADIO AFFIAN, JEAN PATRICE JOURDA ET FERNAND KOUAMÉ
1999 : La télédétection en Francophonie : analyse et perspectives	Bénin, Cotonou	1. Évaluation du couvert végétal par télédétection : expériences acquises par le CENATEL de 1993 à 1998. Auteur : V. J. MAMA
	Burkina Faso, Ouagadougou	1. Inventaire des plans d'eau de surface et évaluation des zones inondées par télédétection (HVR de SPOT et RSO de ERS) dans le bassin du Nakambé au Burkina Faso. Auteurs: A. NONGUIERMA et A. ROYER 2. La télédétection comme moyen d'étude préliminaire du système hydrogéologique des bassins versants dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. Auteur : K. TRAORÉ 3. Les différentes signatures des fractures de socle cristallin en zone sahélo-soudanienne du Burkina Faso : cas du bassin versant de Bidi (province du Yatenga). Auteurs : Y. KOUSSOUBÉ et A. N. SAVADOGO 4. Suivi diachronique des feux de brousse à l'aide des épreuves-minutes MSS de Landsat : région centre-ouest du Burkina Faso. Auteurs : F. L. TRAORÉ et J. PARNOT

Thématiques	Pays	Titre des travaux et auteurs
	Cameroun, Yaoundé	1. Contribution de la morphologie mathématique à la cartographie automatique de l'occupation du sol (région de l'extrême-nord du Cameroun). Auteur : E. FOTSING 2. Télédétection radar et reconnaissance des formes urbaines : application à la ville de Douala au Cameroun. Auteur : D. MOUAFO 3. Combinaison de perceptrons multicouches appliquées à la classification des textures en milieu urbain à partir d'images RSO de ERS-1 : ceas de la ville de Ngaoundéré au Cameroun. Auteurs : A. NDI NYOUNGUI, M. TCHOTSOUA, L. BITJOKA et A. AYISSI 4. Extraction du périmètre urbain sur une image radar à synthèse d'ouverture par analyse de texture et morphologie mathématique : application à une image ERS-1 de la ville de Yaoundé (Cameroun). Auteurs : E. TONYÉ, A. AKONO, A. NDI NYOUNGUI et R.-J. ASSAKO 5. Suivi des milieux urbains et périurbains par interférométrie radar : application à l'étude de la zone littorale du sud-est du Cameroun et de la ville de Paris (France). Auteurs : B. FRUNEAU, J. MVOGO et J.-P. RUDANT 6. Bilan régional de la télédétection en Afrique subsaharienne. Auteur : E. TONYÉ
	Côte d'Ivoire, Abidjan	1. Mailles paysagiques et zonalités hydrogéologiques en zone semi-montagneuse par télédétection satellitale : deux paramètres-clés de développement régional dans l'ouest de la Côte d'Ivoire. Auteurs : A. T. TOURÉ, JEAN BIÉMI, PIERRE GIOAN, KOUADIO AFFIAN, FERNAND KOUAMÉ et O. BIH 2. Inventaire qualitatif par télédétection satellitale du parcellaire situé en bordure de rivières : un outil d'appui à un programme de développement agricole de la région de Man (ouest de la Côte d'Ivoire). Auteurs : PIERRE GIOAN, JEAN BIÉMI, : A. TOURÉ, KOUADIO AFFIAN, FERNAND KOUAMÉ et M. SALEY

Thématiques	Pays	Titre des travaux et auteurs
	Côte d'Ivoire, Abidjan (suite)	3. Nouvelle approche de la géométrie des aquifères en milieu cristallophyllien fissuré par les analyses statistique et fractale de données linéamentaires extraites des images satellitales : cas de la région semi-montagneuse de l'ouest de la Côte d'Ivoire. Auteurs : F. K. KOUAMÉ, PIERRE GIOAN, JEAN BIÉMI et T. LASM 4. Détermination de "couloirs" de circulation potentielle des eaux souterraines en milieu chrystallophyllien dans la région semi-montagneuse de Man-Danané (ouest Côte d'Ivoire) : application de la télédétection et d'un modèle de simulation d'écoulement des eaux. Auteurs : F.K. KOUAMÉ, P. GIOAN, J. BIÉMI, K. AFFIAN et K. COULIBALY 5. Cartographie des aquifères de fissures en milieu cristallin du nord-ouest de la Côte d'Ivoire par télédétection. Auteurs : A. SAVANÉ et J. BIÉMI 6. Exploitation d'images numériques vidéographiques prises d'avion pour l'étude d'un environnement lagunaire : cas de la lagune Ebrié (Abidjan, Côte d'Ivoire). Auteurs : K. AFFIAN, P. GIOAN, J. BIÉMI et E. DJAGOUA 7. Essai de corrélation par traitement d'une image HRV 5XS° DE SPOT entre la dégradation des milieux naturels et les densités de population autour du Parc national du mont Péko en Côte d'Ivoire forestière. Auteurs : Y. B. KOUADIO, A. T. TOURÉ et B. Z. KOLI 8. Apport de la télédétection et des SIG pour l'étude d'impact de la typologie de l'habitat sur l'extension des capitales de l'Afrique subsaharienne héritées de la colonisation : cas d'Abidjan. Auteur : A. KONÉ
	Madagascar, Antananarivo	1. Télédétection appliquée à l'étude de l'érosion hydrique et de l'ensablement des rizières dans la région sud du lac Alaotra (Madagascar). Auteurs : L. J. RAHARIJAONA RAHARISON, T. A. RAMERISON et R. M. ANDRIANILAINA

Thématiques	Pays	Titre des travaux et auteurs
	Madagascar, Antananarivo (suite)	2. Évolution du couvert végétal de la cuvette d'Andaga (nord de Madagascar) et intégration des données satellitaires (HRV de SPOT et TM de Landsat) dans un SIG. Auteurs : S. RANDRIAMANGA, D. RANONROMBOLATIANA et M. R. RAHARISON 3. Fusion d'images de télédétection à l'aide de l'analyse multirésolution par ondelettes. Auteurs : S. RAKOTONIAINA, C. COLLET et J. B. RATSIMBAZAFY
	Mali	1. Contribution de la télédétection à l'étude de la désertification : exemples choisis en Afrique de l'Ouest. Conférencière invitée : M.-F. COUREL 2. Utilisation de l'imagerie satellitaire pour l'étude diachronique de l'occupation du sol dans une région sahélienne : cas du cercle de Kolokani au Mali. Auteur : M. S. KEITA 3. Etude préalable du potentiel d'intégration des données du capteur VEGETATION dans les systèmes d'alerte précoce utilisés en région sahélienne. Auteurs : P . OZER, Y. CORNET et B. TYCHON 4. Méthode d'évaluation de la production fourragère à l'aide d'images AVHRR de NOAA au Sahel malien. Auteur : I. TOUNSI 5. Impact de la croissance spatiale de Bamako sur celle des localités périurbaines : apport des images HRV de SPOT pour le suivi de leur dynamique comparée. Auteurs : B. DIARRA et J. CHAMPAUD
	Mauritanie, Nouakchott	1. Contribution à l'étude et au suivi de la désertification en Mauritanie : caractérisation et cartographie des écosystèmes de la zone littorale à l'aide des données RSO de ERS. Auteur : C. SOW 2. Diagnostic par la télédétection d'un changement de rythme de la dynamique éolienne en Mauritanie : entropie de la désertification. Auteurs : M. MAINGUET, F. DUMAY, M. L. OULD EL HACEN et A. MAHFOUDH

Thématiques	Pays	Titre des travaux et auteurs
	Niger, Nyamey	1. Apport de la télédétection à l'étude de la dégradation du bassin versant, à l'envasement de la retenue et au suivi diachronique du plan d'eau du barrage de Dakiri (Burkina Faso). Auteurs : N. M. PADONOU et M. CHAIBOU 2. Apport des données de la télédétection multi-échelle à l'étude des paysages d'érosion au Niger. Auteurs : R. HOUSSA et J.-C. PION
	Sénégal, Dakar	1. Utilisation des images TM de Landsat pour l'estimation de la variabilité spatiale de l'humidité du sol destinée aux modèles hydrologiques de distribution. Auteurs : M. LO et I. SANDHOLT 2. Utilisation de la télédétection et des SIG pour l'étude de la dégradation par salinisation des terres agricoles de la vallée du fleuve Sénégal. Auteurs : L. MANE et P. DEFOURNY 3. Caractérisation du milieu et utilisation des données numériques de télédétection pour la cartographie de l'évapotranspiration : un exemple sur le Sénégal. Auteur : C. MBAYE
	Tchad, N'Djaména	1. Utilisation de l'imagerie aérienne et satellitaire pour l'analyse de la mutation des espaces ruraux : cas du canton Madiago dans la préfecture du Chari-Baguirmi au Tchad. Auteurs : O. H. N'DJAFA et M. F. COUREL

Tableau 3. Exemples de travaux lors du colloque Africain de recherche en informatique (CARI) en 1998 (Dakar au Sénégal)

Auteur	Titre
OLIVIER THÉPAUT, KIDIYO KPALMA AND JOSEPH RONSIN	Géocorrection et récalage d'images ERS et SPOT dans un contexte de fusion de données
RAKOTONIAINA SOLOFOARISOA	Fusion d'image de télédétection par la transformée en ondelettes et l'analyse multirésolution
HENNI ABDERRAZAK SAOULI RACHIDA	Une méthode de parallélisation des algorithmes du traitement d'images
EMMANUEL TONYE ANDRÉ NDI NYOUNGUI ALAIN AKONO	Evaluation comparative de plusieur méthodes de réduction du chatoiement et de plusieurs méthodes d'analyse de texture pour la classification des images RSO

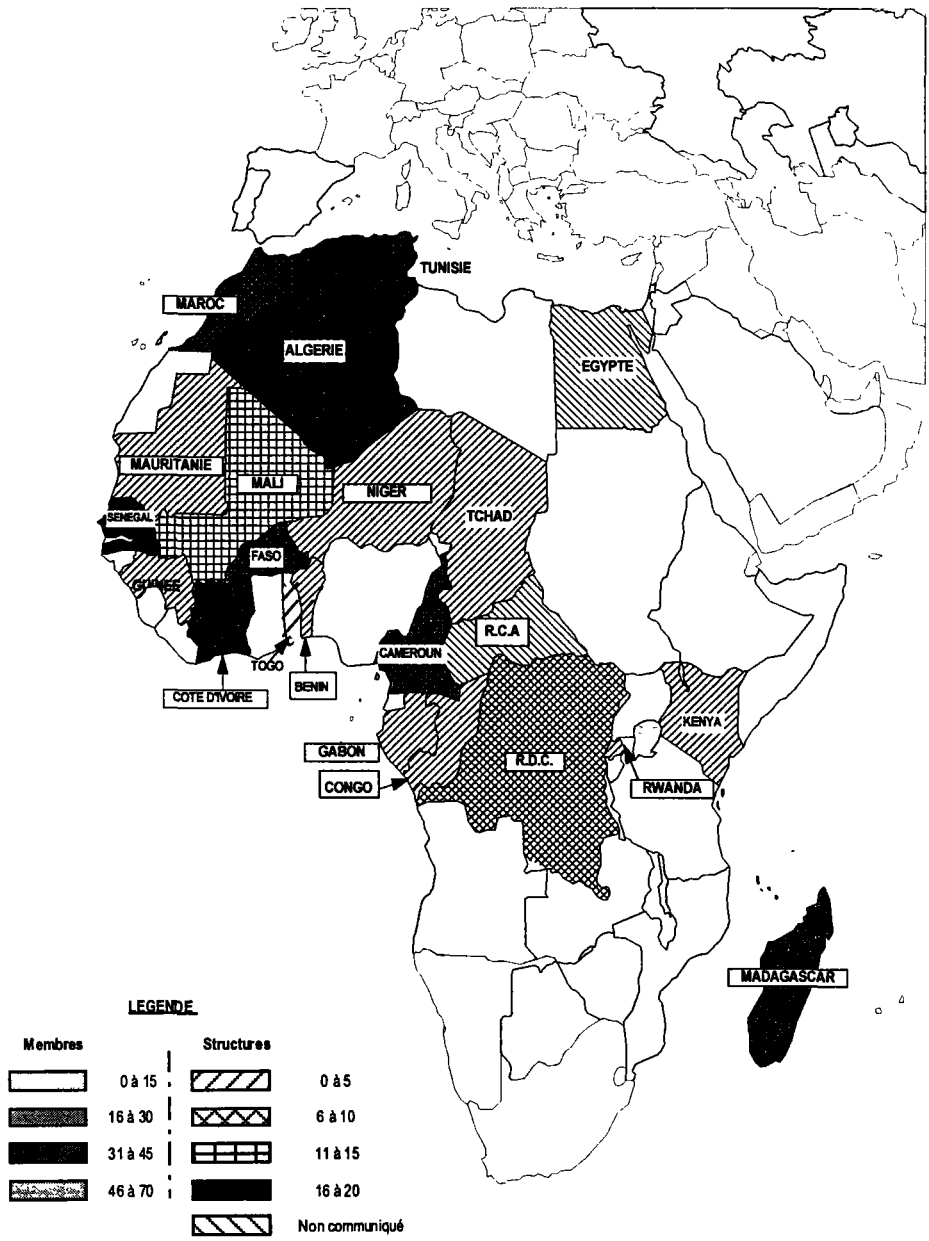


Figure 1. Réseau Télédétection de l'Agence universitaire de la francophonie (AUF) en Afrique (données de novembre 1999) : structures ou organismes et membres ou personnes ressources.

Tableau 4. Exemples de travaux tirés des Actes du *3rd ERS Symposium on Space at the Service of our Environment,* Florence, Italie, 17-21 mars 1997.

Auteur	Titre
P.C. SMITS, A. TRUCCO, G. VERNAZZA	Iterative Model reconstruction for phase unwrapping
JOHN L. VAN GENDEREN YONGHONG HUANG RÜDIGER GENS BOUDEWIJN S. VAN VEEN AND GERRIT HUURNEMAN	The ITC filters for improving ERS SAR interferograms
F.ROCCA, C. PRATI, A. FERRETTI	An overview of ERS-SAR interferometry
AGNÉS BÉGUÉ, SERGE GUILLOBEZ, JACQUES IMBERNON, ANDRÉ BEAUDOIN, YANN KERR	Characterization of the land use/cover in the Congo rainforest with optical and microwave data
F. DE GRANDI, J.P. MALINGREAU, M. LEYSEN, Y. RAUSTE, M. SIMARD, P. MAYAUX	Wither Radar Global Mapping of the tropical forest : New Avenues from the trees ERS-1 Central Africa Mosaic
FLORENCE RIBBES, THUY LE TOAN, JÉRÔME BRUNIQUEL, NICOLAS FLOURY, NICOLAS STUSSI, SOO CHIN LIEW ET UPIK ROSALINA NASRIN	Forest mapping in tropical region using multitemporal and interferometric ERS-1/2 data
VERA DE CAUWER ROBERT DE WULF	Potential use of ERS SAR data to discriminate natural and degraded woody vegetation types in Central Africa
Y. SMARA, BELHADJ-AISSA, B SANSAL, J. LICHTENEGGER, A. BOUZENOUNE	Multisource Ers-1 and optical data for vegetal cover assessment and monitoring in semi arid region of Algeria
WILLIAM STROOBANTS, MRILINE BÀ, CLAUDE PÉNICAND, JEAN PAUL RUDANT, EDITH THÉODORAKOPOULOS	Apports de la fusion multidate pour l'interprétation des images ERS-1 en milieu tropical
H YÉSOU, MBAIRNNADJI L , A BOLLEY, L TEZENAS DU MONTCEL ET P DE FRAIPONT	Pastures monotoring and landsurface characteristics analysis in sahelian region using multitemporal SAR data the Chad case of study
A. SHEPHERD, J.B. STEWART, M. LUPANKWA	Angular dependence of radiometric surface temperature for sparse vegetation.

Tableau 4. Exemples de travaux tirés des Actes du *3rd ERS Symposium on Space at the Service of our Environment,* Florence, Italie, 17-21 mars 1997. (suite)

ÉRIC MOUGIN, PIERRE LOUIS FRISON, PIERRE HIERNAUX	Monitoring seasonal vegetation dynamics in the Sahel with ERS wind scatterometer data
AUQUIÉRE ÉRIC, DEFOURNY PIERRE, BALTAZART VINCENT, GUISSARD ALBERT	ERS-SAR Time series analysis for maize monitoring using experimental and modeling approaches
PHILIPS D. WATTS, ANTHONY J. BARAN	A survey of tropical cirrus particle size and shape using ATSR-2 visible/near-infrared data
HAFEDH HAJJI, DENIS BONICEL, ALFRED RAMAMONJIARISOA, MANIRINA JOELSON	Use of SAR images to study coastal processes
RUDANT JEAN PAUL, BALTZER FRÉDÉRIC, TUPIN FLORENCE, ABATA THOMAS, AMOUGOU AKOA, NDONGO DIN, AKONO ALAIN, TONYÉ EMMANUEL	Distinction entre les formations végétales littorales et continentales dans leur rapport avec la géomorphologie : Intérêt des, images ERS1.(Projet AOL-F203, Cameroun)
ANNICK LEGELEY-PADOUANI, ANISAIT BEAUVAIS, EMMANUEL TONYÉ, ALAIN AKONO, JEAN PAUL RUDANT	Classification d'une image radar : application à la cartographie automatique de la mangrove autour de la région de Douala (Cameroun)

7. Remerciements

Je remercie l'Agence universitaire de la francophonie pour son appui financier et matériel. Je remercie par ailleurs les rapporteurs, et plus particulièrement messieurs François Boivin et Jean-Marie Dubois pour leurs suggestions appropriées.

8. Conclusion

Les pays africains subsahariens affichent une volonté à maîtriser les outils et méthodes de télédétection pour la connaissance et le suivie et la protection de leur environnement. Dans ce bilan, nous avons constaté que leur effort dépende fortement des pays occidentaux notamment à travers les programmes de la Francophonie, des Nations-Unies et de l'Union Européenne. Certains centres de recherche africains créés il y a une dizaine d'années, ont un développement peu conséquent une fois cessés les financements extérieurs notamment occidentaux. De nouveaux centres émergent concernent les laboratoires associés francophones de l'Agence Universitaire de la Francophonie. La nécessité de formation reste un impératif ainsi que l'acquisition d'images multisources et de hautes résolutions.

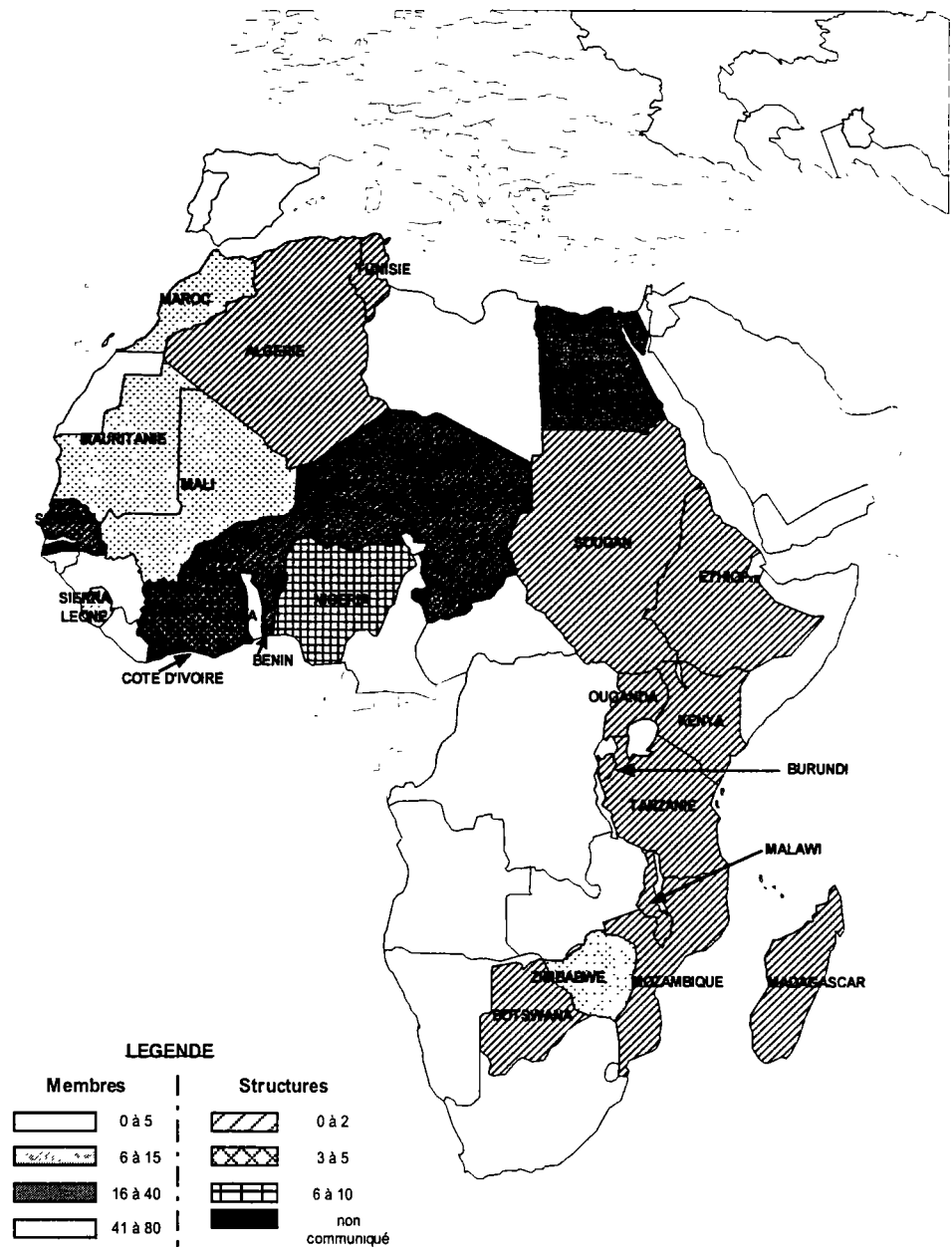


Figure 2. Réseau de Télédétection de l'African Association of Remote Sensing and Environment (AARSE) : structures ou organismes et membres ou personnes ressources.

9. Références

AGENCE SPATIALE EUROPÉENNE. 1997. Actes du 3rd ERS Symposium on space at the service of our environment, Florence, Italy, 17-21 mars 1997.

ANONYME. 1998. Actes du colloque africain de recherche en informatique (CARI) en 1998, Dakar, Sénégal.

ANONYME. 1999a. Comité du Réseau Télédétection, documents de travail, répertoire des membres

ANONYME. 1999b. African Association of Remote Sensing of the Environment (AARSE), répertoire des membres.

DUBOIS, J.-M. et LAFRANCE, P. (réd.). 1989. Télédétection en francophonie : bilan régionaux et thématiques. Collection Universités francophones – Actualité scientifique, Édition AUPELF et John Libbey Eurotext, Paris, 123 p.

DUBOIS, J.-M. et BLASCO, F. (réd.). 1993. Outils micro-informatiques et télédétection de l'évolution des milieux. Collection Universités francophones - Actualité scientifique, Édition AUPELF et PUQ, Sainte-Foy, 444 p.

DUBOIS, J.-M., CAVAYAS, F. et LAFRANCE, P. (réd.). 1993. Télédétection appliquée à la cartographie thématique et topographique. Collection Universités francophones – Actualité scientifique, Édition AUPELF et PUQ, Sainte-Foy, 366 p.

DUBOIS, J.-M., BOUSSEMA, M.R., BOIVIN, F. et LAFRANCE, P. (réd.). 1995. Télédétection des ressources en eau. Collection Universités francophones – Actualité scientifique, Édition AUPELF et PUQ, Sainte-Foy, 304 p.

DUBOIS, J.-M., DONNAY, J-P., OZER, A., BOIVIN, F. et LAVOIE, A. (réd.). 1997. Télédétection des milieux urbains et périurbains. Collection Universités francophones – Actualité scientifique, Édition AUPELF, Montréal, 361 p.

DUBOIS, J.-M., FORTIN, J-P., BERNIER, M. et BOIVIN, F. 1998. La réalité de terrain en télédétection : pratiques et méthodes. Collection Universités francophones – Actualité scientifique, Édition AUPELF, Montréal, 356 p.

LAFRANCE, P. et DUBOIS, J.-M. (réd.) 1990. Apports de la télédétection à la lutte contre la sécheresse. Collection Universités francophones – Actualité scientifique, Édition AUPELF et John Libbey Eurotext, Paris, 317 p.

La télédétection en Francophonie : analyse critique et perspectives. Éd. AUF. 2000. p. 457-463

46

Situation actuelle et perspectives de développement des laboratoires de télédétection de l'Europe Centrale et de l'Europe de l'Est

FLOREA ZAVOIANU[1], VASILE GRAMA[2] et VASSO BARBAROUSSI[3]

[1] *Université technique de constructions de Bucarest, 124, boul. Lacul Tei, Sector 2, Bucuresti, Roumanie; téléphone : + 40-1-242 12 08; télécopieur : +40-1-242 07 81; courriel : fzavoian@pcnet.pcnet.ro*

[2] *Université technique de Moldavie, 41, boul. Dacia, Chisinau, République de Moldavie; téléphone : + 022-77 39 92*

[3] *École polytechnique d'Athènes, 27, rue Sirion, 16231 Athènes, Grèce; téléphone : +30-1-76 52 299; télécopieur :+ 30-1-76 54 619*

Résumé

Dans ce bilan du développement des laboratoires francophones au cours de la dernière décennie de leur évolution, sont présentés des aspects concernant : l'accroissement des capacités des laboratoires locaux en matière de traitement et d'analyse d'images de télédétection et des techniques de SIG; la formation professionnelle des étudiants par le perfectionnement des programmes d'enseignement et des cours universitaires; les besoins réels et les problèmes des étudiants concernant l'assimilation des techniques de télédétection; la formation continue des ingénieurs et des techniciens travaillant dans ce domaine par des stages de courte durée; les thèmes prioritaires abordés par la télédétection au niveau national; les directions et intérêts de l'État concernant le développement technologique et les programmes de recherche en matière de télédétection. Dans sa stratégie pour l'Europe Centrale et l'Europe de l'Est, le Réseau Télédétection de l'AUF doit poursuivre les objectifs suivants : promouvoir et encourager le transfert de technologies entre ses laboratoires;

créer un centre régional de formation professionnelle; renforcer la coopération entre ses laboratoires par suite des difficultés budgétaires auxquelles doivent faire face les pays de cette zone. La coopération Ouest-Est dans le cadre de ce Réseau peut répondre aux intérêts de tous ces laboratoires et satisfaire à leurs exigences.

1. Introduction

Jusqu'en 1989, dans les pays de l'Europe de l'Est, l'enseignement a été entièrement la responsabilité de l'État; il servait une économie centralisée et était subordonné à des objectifs et à des principes politiques. L'activité de recherche en télédétection a été organisée, pour les instituts de recherche académiques et pour l'enseignement supérieur, dans le cadre du programme régional INTERCOSMOS. Tous les matériels cartographiques et de télédétection (cartes, photographies aériennes, etc.) étaient classés secrets et n'avaient qu'une circulation restreinte et bien contrôlée. Dans ces conditions, la thématique des ouvrages de recherche était établie par les instituts académiques et par les universités, et elle ne visait que la recherche fondamentale. Les événements politiques de 1989 qui ont eu lieu dans les pays de l'Europe de l'Est ont entraîné une transformation progressive de l'économie centralisée vers l'économie de marché. Cela a eu un impact particulier sur tous les secteurs de l'économie : industrie, agriculture, pisciculture, etc. Ces dix dernières années, l'enseignement privé est apparu et s'est développé notamment au niveau universitaire. L'enseignement d'État subit sans cesse une transformation profonde, tendant vers des normes européennes et internationales. L'activité de recherche des instituts académiques et des universités s'est orientée vers la pratique. Entre la recherche universitaire et académique, d'une part, et le processus didactique, d'autre part, il y a des rapports étroits établis dans le cadre des programmes opérationnels de recherche et des projets-pilotes conçus par les agences gouvernementales. La recherche et l'enseignement doivent surmonter certaines difficultés liées aux ressources financières limitées. Les budgets insuffisants alloués à l'enseignement entraînent des difficultés concernant l'équipement des laboratoires spécialisés, l'accroissement du nombre d'étudiants, l'attirance des nouveaux spécialistes vers l'enseignement et la recherche technologique ainsi que l'acquisition d'images satellitaires. Le transfert technologique entre les institutions gouvernementales et l'industrie est limité à cause du caractère non compétitif de cette dernière. Mais, le processus d'enseignement ne vise pas seulement les jeunes. En ce qui concerne les laboratoires francophones des pays de l'Est, aucun centre destiné à la formation continue des ingénieurs et techniciens n'a été créé. La formation par des études approfondies et par le doctorat n'y a pas été largement utilisée. Toutes les universités d'Europe de l'Est sont ouvertes au progrès technique et encouragent la recherche scientifique, la qualité du processus d'enseignement et le transfert technologique. La coopération ainsi que les échanges Est-Ouest peuvent répondre aux intérêts de tous les laboratoires francophones du réseau, tout en étant profitables à toutes les parties.

2. Méthodologie

Pour élaborer ce rapport, on a utilisé comme source d'information les visites effectuées à l'Université technique de Moldavie (UTM) de Chisinau de même que les documents écrits publiés ainsi que les discussions directes avec les représentants des diverses institutions

concernées de Roumanie. On a également consulté les distributeurs de données de télédétection et de SIG (Geosystem, Cruta, Intergraf, etc.), les utilisateurs de ces produits et les responsables de thèmes de recherche des instituts académiques et des universités. Ces données ont été analysées en fonction des facteurs suivants : potentiel technique et humain et difficultés locales; nécessité et désir de coopérer entre l'Est et l'Ouest ainsi que perspectives des applications thématiques de télédétection.

2.1. Analyse des données

L'analyse est effectuée pour chacun des pays, soit de la République de Moldavie et la République de Roumanie.

Jusqu'en 1989, la République de Moldavie a fait partie de l'URSS. Dans ces républiques, la photogrammétrie, la géodésie, la cartographie et la télédétection étaient considérées comme des disciplines stratégiques et les matériels de ces spécialités étaient classés secrets. Les spécialistes en ces domaines étaient formés à Moscou. Les cours dans les universités de la Moldavie, pour d'autres spécialités, étaient donnés en russe, par des spécialistes venus de Moscou.

Après 1989, ces spécialistes ont quitté la Moldavie. Pendant la période de transition, la langue roumaine et la graphie latine furent adoptées. Aujourd'hui, les langues officielles sont le roumain et le russe. En ce qui concerne l'enseignement supérieur, on a développé les structures héritées tout en créant des filières nouvelles. Des facultés et des spécialités nouvelles sont apparues. La réforme agraire a rendu nécessaire la formation de spécialistes en géodésie, en cartographie et en cadastre. C'est pourquoi, à Chisinau, on a créé un Institut national de recherche coordonnant l'activité dans ce domaine. La thématique de recherche de cet institut est présentée sur le tableau 1 et son équipement technique sur le tableau 2

À l'Université technique de Moldavie de Chisinau, sur la base des programmes d'enseignement de la faculté de géodésie de l'Université technique de constructions de Bucarest, on a créé la filière de géodésie et du cadastre. Sa première promotion comprend 22 étudiants qui finiront leurs études en l'an 2000; ils ont étudié en roumain mais 30 % de ceux-ci maîtrisent également le français. Les cours de spécialité, soit la photogrammétrie, la télédétection, le cadastre etc. ont été donnés par des professeurs de Roumanie. On n'a pas disposé d'équipement technique hérité.

Tableau 1. Domaines prioritaires d'application de la télédétection

Application	Roumanie	Rép. de Moldavie
Occupation du sol	oui	oui
Agriculture (statistique agricole y compris)	oui	oui
Géologie	oui	-
Géologie-géotechnique	oui	-
Domaine forestier	oui	oui
Protection de l'environnement	oui	oui
Éducation, formation des cadres	oui	oui
Cadastre général et de spécialité	oui	oui

Tableau 2. Produits et systèmes de télédétection utilisés

Produits/ Système	Roumanie	République de Moldavie	Total
	Images numériques		
MSS/TM de Landsat	17	-	17
HRV de SPOT	25	-	25
KFA-1 000	2	-	2
Saliut	2	-	2
Cartes aux échelles : 1 : 200 000; 1 : 100 000; 1 : 50 000 ; 1 : 25 000 ; 1 : 10 000	Tout le pays	Tout le pays	-
Plans topographiques : 1 : 5 000	Tout le pays (sauf les zones de montagne)		
Plans topographiques ; 1 : 1 000 et 1 : 500	Toutes les zones urbaines		
Cartes thématiques	Tous les domaines		
	Systèmes de prélèvement		
Avions photogrammétriques	3	-	3
Chambres de prise de vues : WILD RC-20, LMK, MRK,	6	-	6
MSK-4 chambre multispectrale	1	-	1
Radiomètres, spectroradiomètres (EXOTEC et autres)	5	-	5
Systèmes de réception images météorologiques (AVHRR de NOAA)	2	-	2
	Systèmes de traitement d'image		
Stations SUN	6	-	6
Systèmes photogrammétriques : Phodis, Intergraf , etc.	4	2	2
Systèmes de traitement d'images : ER Mapper 5.0, EASE/PACE ; ERDAS, Multiscope	6	1	7
Appareils stéréo-photogrammétriques analogiques	plusieurs	4	plusieurs

Aujourd'hui, la section possède un centre de calcul avec 10 PC Pentium 2 qui, lors de la rentrée universitaire, sont équipés de logiciels de télédétection et de SIG. Des échanges d'étudiants ont été réalisés avec la Roumanie; les quatre dernières années, tous les étudiants de la section ont effectué des stages pratiques de trois semaines à Bucarest, les bourses étant offertes par l'État roumain. Dans la République de Moldavie, la télédétection est également enseignée à l'Université agraire de Chisinau; en province, elle est enseignée dans les instituts universitaires de Cahul et de Balti. La politique d'État prévoit également

l'introduction d'un système de projection cartographique et l'élaboration des cartes de base pour le territoire du pays, c'est-à-dire des cartes numériques à l'échelle du 1 : 200 000 et du 1 : 50 000, la réglementation par des normes de l'activité en photogrammétrie, en télédétection, en cadastre, etc., l'utilisation des techniques de télédétection et de SIG en cartographie, l'introduction d'un système de cadastre moderne pour toute la superficie du pays, le développement de l'enseignement en roumain et la formation de spécialistes et, enfin, l'aide et l'encouragement de la coopération internationale dans le domaine de la recherche et de l'enseignement.

En Roumanie, avant 1989, la télédétection était enseignée dans trois universités, la faculté de géodésie de Bucarest et aux facultés de géographie de Bucarest et Iassy. Les thèmes de recherche dans ce domaine étaient abordés dans quatre instituts académiques et deux universités. Il n'y avait pas de distributeurs d'images satellitaires. Après 1989, quatre distributeurs se sont installés à Bucarest. Certains desservent aussi la République de Moldavie. La télédétection est enseignée dans six facultés d'ingénieurs de Bucarest et, en province, dans les universités de Iassy, Timisoara, Oradea, Petrosani, Brasov, Craiova et Suceava. Sur le nombre total d'étudiants (environ 200), 35 % à 40 % parlent le français. La thématique de la recherche a été diversifiée (tableau 1). L'équipement technique des instituts est décrit sur le tableau 2.

3. La fonction formative pendant la période de transition

Les tâches de la période de transition dépendent de la situation héritée qui se caractérisait par un conservatisme accentué à tous les niveaux : méthodologie, disciplines et programmes de cours.

Dans les conditions actuelles, tous ces éléments doivent s'adapter aux exigences de l'économie de marché. Ce processus s'avère lent et difficile. La différence entre les universités et les instituts académiques d'Europe de l'Est réside dans le fait que les universités ont une double fonction. Dans les universités, l'enseignement est la principale fonction tandis que la recherche représente la fonction secondaire. Par contre, les instituts académiques ne font que de la recherche en raison de la situation héritée de l'ancien régime. Compte tenu des exigences de l'économie de marché, la méthodologie utilisée dans le processus didactique connaît une transformation continue. Les programmes universitaires ainsi que les cours post-universitaires pour les SIG et la télédétection ont dû être modernisés.

Après les événements de 1989, toute une série d'universités privées est apparue dans tous les domaines socio-économiques. Il faut mentionner que, dans le domaine de la technique, le nombre d'universités privées est de beaucoup inférieur. Les besoins réels et les problèmes des étudiants concernant l'assimilation des techniques de télédétection sont liés aux aspects suivants : insuffisance des images satellitaires et du nombre d'heures d'étude, absence de documentation adéquate et absence d'échanges internationaux d'étudiants. L'accroissement de la capacité des laboratoires locaux en matière de traitement et d'analyse des images de télédétection et des techniques de SIG s'est réalisé par l'acquisition d'équipements performants munis de logiciels appropriés. On a assisté à une diversification des utilisateurs en mettant l'accent sur les programmes de gestion, de surveillance et de planification des ressources naturelles ainsi que sur la protection de l'environnement. Les images satellitaires sont de plus en plus utilisées par les chercheurs et acceptées par les autres utilisateurs comme documents de travail. L'actualisation des cartes topographiques aux échelles inférieures au 1 : 50 000 se fait sur la base des

enregistrements HRV de SPOT. Des études spécialisées effectuées dans divers domaines utilisent souvent les enregistrements de télédétection : agriculture, foresterie, géologie, occupation du sol (le projet européen CORINE, 1994). Les thèmes gouvernementaux prioritaires pouvant être abordés par télédétection sont les suivants : prévision des récoltes, statistiques et cadastre agricoles, études d'inventaires, de surveillance, de gestion et de conservation du milieu, études d'occupation, d'utilisation et de conservation du sol, études d'urbanisme, du cadastre urbain, modernisation des systèmes de surveillance des eaux du bassin inférieur du Danube et de la mer Noire, reconstruction biologique de la réserve de la biosphère du delta du Danube, atténuation des processus d'acidification et de désertification de la plaine du Danube, création du zonage et des cartes de risque de tremblement de terre, de glissement de terrain, d'inondation, d'érosion et de désertification du sol. Les aspects ci-dessus mentionnés sont interdépendants et sont en étroite corrélation avec la réforme agraire initiée dans les pays de l'Europe de l'Est.

4. Directions du processus de formation des cadres

Les directions prioritaires pour le Ministère de l'enseignement de Roumanie en vue d'améliorer l'enseignement de spécialités sont les suivantes : assurer une compétition entre les meilleurs étudiants, améliorer l'organisation des études universitaires, investir pour équiper les laboratoires d'appareils spécialisés et d'ordinateurs, parachever le système de crédits transférables initié pendant l'année universitaire 1997-1998, renforcer le rôle des stages pratiques organisés en fin de chaque année universitaire et le rôle des projets de fin d'études; soutenir l'intensification des relations internationales par des échanges d'enseignants et d'étudiants dans le cadre de projets européens comme TEMPUS, SOCRATES, etc. Dans le cadre de l'examen de licence, on a introduit un test de langue étrangère (l'anglais, l'allemand, le russe et le français) où 35 % des étudiants choisissent le français.

5. Rôle du Réseau Télédétection en Europe Centrale et de l'Est

Le Réseau Télédétection de l'AUF a milité, dès sa création, pour le développement de la télédétection en Europe de l'Est.

La bibliothèque minimale offerte aux laboratoires partiellement ou entièrement francophones s'avère d'une très grande utilité. La participation aux symposiums de spécialités et aux actions de recherche partagée (il y en a eu deux) et les stages de courte durée effectués par les chercheurs de l'Est dans les laboratoires de l'Ouest ne sont que quelques-unes des activités soutenues avec succès par l'association. Dans le futur proche, le Réseau pourrait participer à l'organisation d'un centre régional à Bucarest destiné à la formation, avec des programmes spécialisés, des chercheurs et des utilisateurs d'images satellitaires en contribuant ainsi à la formation d'experts. L'attention devrait être également orientée vers les utilisateurs et vers le développement d'un marché de SIG et de télédétection dans cette partie de l'Europe. Avec l'ouverture des frontières, les contacts internationaux sont possibles et les moyens électroniques de communication permettent une liaison Est-Ouest plus étroite. Par une assistance technique, économique et financière, les universités de l'Est peuvent renforcer leur compétence et compétitivité.

7. Références

VOUTE, C. 1994. Needs for co-operation between Eastern and Western Europe. International Journal of Remote Sensing, vol.15, n° 15, p. 2973-2994.

KRAUS, K. 1996. Archives internationales de photogrammétrie et de télédétection. Vol. XXXI, Tome B6, Commission VI, Publié par le Comité du XVIII[e] Congrès ISPRS, Vienne, Autriche.

Imprimé par
MULTICOPIE ESTRIE - SHERBROOKE

La collection *Universités francophones,* créée en 1988 à l'initiative de l'UREF, propose des ouvrages de référence, des manuels spécialisés et des actes de colloques scientifiques aux étudiants des 2e et 3e cycles universitaires ainsi qu'aux chercheurs francophones et se compose de titres originaux paraissant régulièrement.

Les auteurs appartiennent conjointement aux pays du Sud et du Nord et rendent compte des résultats des recherches et des études récentes entreprises en français à travers le monde. Ils permettent à cette collection pluridisciplinaire de couvrir progressivement l'ensemble des enseignements universitaires en français.

Enfin, la vente des ouvrages à un prix préférentiel destinés aux pays du Sud tient compte des exigences économiques nationales et assure une diffusion adaptée aux pays francophones.

Ainsi la collection *Universités francophones* constitue une bibliothèque de référence comprenant des ouvrages universitaires répondant aux besoins des étudiants de langue française.

Le Réseau Télédétection de l'Agence universitaire de la Francophonie a déjà plus de 10 ans d'existence. Les thématiques de recherche qui y ont été privilégiées sont la télédétection des milieux urbains et périurbains, la télédétection et la désertification, la télédétection des ressources en eau ainsi que les paramètres de surface et les signatures spectrales. Les *Huitièmes journées scientifiques du « Réseau Télédétection »* de l'AUF ont permis de faire le point sur tous ces thèmes avec des spécialistes tant des pays développés que des pays en développement. De plus, ces journées scientifiques ont permis de tracer des bilans du développement de la télédétection francophone en Amérique du Nord, en Afrique subsaharienne ainsi qu'en Europe Centrale et en Europe de l'Est. En tout, les actes comprennent 46 articles de chercheurs de disciplines très diverses des sciences fondamentales et appliquées.

Prix : 50 $ CAN • Prix préférenciel UREF : 25 $ CAN

9 782920 021921 ISBN 2-920021-92-3