

12224 c3

Distr. GENERALE

ECA/NRD/CRSU/RWRSGIS/21

25 juin 1992

ORIGINAL: ANGLAIS/FRANCAIS

NATIONS UNIES

ECA/FAO/UNITAR/UNEP/RCSSMRS

**Rapport de l'Atelier Regional sur la Télédétection
et les Systèmes d'Information Géographique à
l'Intention des Décideurs Africains**

26-30 août 1991, Nairobi (Kenya)

Table of Contents

	Page
I. Historique et Objet de l'Atelier	1
II. Organisation et Participation	2
III. Résumé des Communications Techniques	5
A. Aperçu général et coordination des activités de télédétection et des systèmes d'information géographique au sein du système des Nations Unies	5
B. Utilisation des SIG et de la télédétection pour l'évaluation et le suivi des ressources naturelles	6
C. Rôle des satellites de télécommunication dans l'évaluation et la surveillance des ressources naturelles	8
C. Programme de la Banque mondiale sur les systèmes d'information sur l'environnement en Afrique subsaharienne	10
E. Surveillance de l'environnement par satellite opérationnel aux fins de la sécurité alimentaire et de la lutte contre les criquets par la FAO en Afrique - les systèmes ARTEMIS et DIANA	10
E. L'élément de télédétection dans le système d'alerte rapide des pays membres de l'IGADD	13
G. Applications de la télédétection et du SIG à la pêche et à l'aquaculture en Afrique	14
H. Surveillance des cultures et estimation précoce des rendements à l'aide de l'indice de végétation normalisé - Etude de cas au Burkina Faso	15

I.	Applications de la télédétection et des SIG aux ressources en eau en Afrique	17
J.	Applications de la télédétection et des SIG à la gestion des forêts et des parcours	18
K.	Applications de la télédétection et des SIG aux ressources minérales	20
L.	Structures et activités de formation dans le domaine de la télédétection et des SIG en Afrique	21
M.	Le Programme GEMS/UNITAR de SIG et de télédétection pour l'Afrique	24
N.	Transfert de compétences techniques en matière de télédétection et de SIG aux géologues d'Afrique dans le cadre du programme "GARS" de l'Unesco	25
IV.	Résumé des Observations et des Débats De l'Atelier	26
V.	Conclusions et Recommandations	29
VI.	Clôture De l'Atelier	31

Annexes

Annexe I	33
Annexe II	45

1. Historique et Objet de l'Atelier¹

1. L'atelier régional sur la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) à l'intention des décideurs africains comportait deux ateliers organisés simultanément, l'un à l'intention des pays francophones et l'autre à l'intention des pays anglophones d'Afrique.
2. L'atelier régional a été organisé par la Commission économique pour l'Afrique (CEA) en coopération et en collaboration avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la Division de l'espace extra-atmosphérique du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), l'Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche (UNITAR) et le Centre régional de services spécialisés dans le domaine des levés, des cartes et de la télédétection (RCSSMRS).
3. L'atelier faisait suite aux recommandations de la deuxième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et l'utilisation pacifique de l'espace (UNISPACE 82) tendant à organiser des séminaires à l'intention des cadres supérieurs s'occupant des techniques relatives aux sciences spatiales et de leurs applications. L'atelier était une activité prévue dans le programme de travail de la CEA pour la période biennale 1991-1992 et relevait du sous-programme intitulé "Développement des moyens institutionnels, coordination des programmes et promotion de la coopération internationale et régionale dans le domaine de la cartographie et de la télédétection".
4. Du fait qu'il était destiné aux Etats membres d'Afrique, l'atelier avait pour principal objectif de sensibiliser les pays africains à l'importance et à l'utilité de la télédétection et des systèmes d'information géographique en tant qu'outils essentiels pour l'évaluation et la gestion appropriée des ressources naturelles et pour la surveillance de l'environnement. Il visait à fournir aux décideurs de haut niveau du continent des informations sur les connaissances spécialisées dont ils ont besoin pour déterminer quand, comment et où ces techniques devraient être utilisées. Les participants à l'atelier étaient des hauts fonctionnaires oeuvrant activement dans l'un des domaines suivants : cartographie, télédétection, agriculture, industries extractives, gestion des ressources en eau, forêts, pêche, planification physique et gestion de l'environnement.

¹ Deux ateliers étaient initialement prévus, l'un en anglais et l'autre en français. Toutefois, en raison de difficultés financières, le Secrétaire exécutif de la CEA a autorisé qu'ils se tiennent simultanément.

5. Pour atteindre son objectif, le programme a été conçu de sorte à englober les principaux aspects des applications de la télédétection et des SIG dans le domaine des ressources naturelles tant renouvelables que non renouvelables et de l'environnement (voir annexe I).
6. En outre, grâce aux débats et aux contacts personnels, l'atelier visait à établir un dialogue quant aux mesures à prendre aux niveaux international, régional et national pour assurer la mise en oeuvre des applications de la télédétection et des SIG dans les pays africains.

II. Organisation et Participation

7. Ont participé à l'atelier des fonctionnaires des pays ci-après : Angola, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Cameroun, Egypte, Guinée, Kenya, Malawi, Maurice, Niger, Sierra Leone, Soudan, Swaziland, Tchad, Zambie et Zimbabwe.
8. Les organisations intergouvernementales et institutions africaines ci-après étaient représentées : Centre régional de formation en agrométéorologie et en hydrologie (AGRHYMET), Centre régional de télédétection (CRTO), Centre pour la mise en valeur des ressources minérales de l'Afrique de l'Est et de l'Afrique australe (ESAMRDC), Autorité intergouvernementale pour la lutte contre la sécheresse et pour le développement (IGADD), Centre régional de formation aux techniques de levés aériens (RECTAS), Centre régional de services spécialisés dans le domaine des levés, des cartes et de la télédétection (RCSSMRS) et Conférence de coordination du développement de l'Afrique australe (SADCC).
9. Les organismes des Nations Unies ci-après étaient également représentés : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Commission économique pour l'Afrique (CEA), Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (Unesco), Division de l'espace extra-atmosphérique du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche (UNITAR) et Bureau des Nations Unies pour la région soudano-sahélienne (BNUS).
10. La liste des participants figure en annexe II.
11. Pour l'organisation et le financement de l'atelier, mis au point depuis 1989, la CEA a sollicité le concours de plusieurs organisations internationales, de gouvernements et d'autres institutions des Nations Unies. Le programme

lui-même et les aspects liés à l'organisation ont fait l'objet de discussions entre la CEA, la FAO et l'UNITAR.

12. La CEA a également bénéficié de la coopération d'autres institutions des Nations Unies énumérées ci-après, du Gouvernement suédois, de l'Agence spatiale européenne (ASE) et du Centre régional de services spécialisés dans le domaine des levés, des cartes et de la télédétection. Le parrainage de la FAO a été d'une grande importance. En fait, la FAO a entièrement financé la participation des représentants invités et le coût des services d'interprétation et des autres services logistiques. Par ailleurs, la Division de l'espace extra-atmosphérique a fourni des fonds pour plusieurs participants. Le Centre régional de services spécialisés dans le domaine des levés, des cartes et de la télédétection (RCSSMRS) a fourni l'assistance en matière de transport et de services de secrétariat. Quant au PNUE/UNITAR, il a fourni une salle de conférences pour l'atelier ainsi que trois salles auxiliaires pour le secrétariat et le matériel.
13. L'atelier a été officiellement ouvert par Dr. Peter N. Mwanza, Chef de la Division des ressources naturelles, au nom du Secrétaire exécutif par intérim de la Commission économique pour l'Afrique. Les personnalités ci-après ont également fait des déclarations : M. H. Norton, Représentant de la FAO au Kenya, M. R. Chipman, Chef du Comité des services et de la recherche, au nom de l'Organisation des Nations Unies, Dr. M. Norton-Griffiths, Coordonnateur du programme pour l'Afrique, au nom du PNUE/UNITAR.
14. Dans les déclarations d'ouverture et les communications liminaires, l'accent a été mis sur la nécessité pour l'Afrique d'utiliser la télédétection et les SIG comme les outils appropriés produits par la science moderne pour évaluer et gérer les ressources naturelles. En Afrique, peut-être plus que dans tout autre continent, les problèmes sociaux, économiques et politiques tels que la pression démographique, la dégradation de l'environnement et les pénuries alimentaires critiques font que les gouvernements et les institutions ont des difficultés à trouver des solutions à long terme leur permettant d'utiliser efficacement leurs ressources. Dans leur quête de solutions, ils doivent impérieusement se servir des outils que la science et la technologie modernes mettent à leur disposition pour faciliter leur tâche ardue. A cet égard, la capacité sans précédent de ces deux instruments à fournir rapidement des informations fiables, sélectives et à jour en vue de la mise en valeur et de l'utilisation rationnelles des ressources naturelles s'est améliorée. Il convenait également, dans le cadre des actions immédiates à mener, de sensibiliser les décideurs à l'excellence de la télédétection et des SIG, car si de nombreux programmes de recherche touchant plusieurs applications des SIG et de la télédétection, y compris un grand nombre de projets pilotes, ont été exécutés

ou sont en cours d'exécution sur le continent, ces deux instruments n'ont pas véritablement pris racine en Afrique de sorte à permettre un accès aux informations nécessaires.

15. La coopération positive dont ont fait preuve plusieurs organismes des Nations Unies pour l'organisation de l'atelier a été perçue comme le signe évident que la coopération est de plus en plus nécessaire pour étudier, formuler et exécuter des programmes de développement portant sur la gestion des ressources naturelles et la surveillance de l'environnement grâce à des approches multidisciplinaires pour lesquelles la télédétection et les techniques d'information géographique constituent des instruments appropriés.
16. Le programme de l'atelier a été suivi comme initialement prévu, sans aucun changement majeur. Au total, 21 communications dont des discours liminaires, des documents techniques et des études de cas, ont été présentées. En guise d'introduction, des sujets généraux ont été abordés.
17. Les communications techniques, certaines études de cas notamment, qui portaient sur l'agriculture, les ressources forestières et les parcours, la pêche, les systèmes d'alerte précoce pour la sécurité alimentaire et la prévision des récoltes, les ressources en eau et les ressources minérales ainsi que les communications sur les installations actuelles de télédétection et de SIG, les structures de formation, les progrès réalisés en matière d'institutions et de télécommunications en Afrique ont été examinées et ont fait l'objet de débats en séance plénière.
18. En outre, les visites techniques à GRID et au RCSSMRS ainsi que l'excursion ont eu lieu comme prévu. Ces visites techniques avaient pour but de démontrer des applications pratiques des bases de données SIG aux projets aux niveaux régional et national. L'excursion, qui a duré une journée, devait conduire à l'escarpement de Kikuyu dans la Rift Valley d'Afrique de l'Est, au lac Naivasha et au fond de la Rift Valley pour des démonstrations pratiques des applications de la télédétection et des SIG, portant essentiellement sur les principes d'interprétation sur le terrain de l'imagerie par satellite.
19. L'historique, les objectifs, les programmes, les structures ainsi que le rôle actuel et futur de chacun des centres régionaux (RCSSMRS, RECTAS, CRTO, ESAMRDC) ont été présentés en détail. Les réalisations et l'impact des activités de ces centres dans leurs domaines respectifs, y compris les importantes contributions qu'ils ont apportées ou qui sont attendues d'eux quant aux solutions techniques à trouver aux problèmes rencontrés au niveau des différents programmes de développement en Afrique, ont été examinés.

20. Un comité a été mis sur pied pour faire la synthèse des principaux points examinés pendant les débats. Ce comité comprenait les représentants du Zimbabwe, du Kenya, du Cameroun et de l'Égypte ainsi que des organismes ci-après : RCSSMRS, RECTAS, CRTO, Division de l'espace extra-atmosphérique, CEA, FAO et UNITAR.
21. Après chaque session, un groupe se réunissait pour examiner les thèmes présentés. A la fin de l'atelier, un débat général a eu lieu, au cours duquel les principales questions assignées à l'atelier ont été passées en revue et les conclusions et recommandations y relatives approuvées.

III. Résumé des Communications Techniques

A. Aperçu général et coordination des activités de télédétection et des systèmes d'information géographique au sein du système des Nations Unies

22. Depuis le lancement du premier satellite LANDSAT des États-Unis en 1972, la communauté internationale s'est de plus en plus intéressée à la télédétection. Les satellites LANDSAT ultérieurs, les satellites SPOT français en service depuis 1986, la plus grande distribution des images provenant des engins spatiaux soviétiques et les systèmes de télédétection mis au point par l'Inde et la Chine ont permis d'obtenir davantage d'images par télédétection dans le monde entier. Cependant, la commercialisation des produits de l'espace, qui s'inscrit dans un effort visant à assurer l'autonomie financière de la télédétection par satellite, limite la capacité de nombreux utilisateurs, notamment dans les pays en développement, à acquérir les données.
23. Dans le système des Nations Unies, le nombre de programmes visant à promouvoir la coopération internationale en matière de télédétection et à aider les pays en développement à utiliser les nouvelles technologies s'est rapidement accru. Le programme des Nations Unies sur l'espace a été mis en place en 1970 pour fournir des informations aux ressortissants des pays en développement et assurer leur formation, et continue de jouer ce rôle. La FAO a établi un important centre de télédétection pour les applications de la télédétection dans les secteurs agricole, forestier et halieutique. Le Département de la coopération technique pour le développement de l'Organisation des Nations Unies à New York encourage les applications de la

télédéttection dans les domaines tels que la cartographie, la géologie et l'hydrologie. Le PNUE élabore actuellement rapidement des programmes permettant l'utilisation de satellites pour la surveillance de l'environnement. Le PNUD et la Banque mondiale financent des projets de développement utilisant la télédection. Par ailleurs, un certain nombre d'autres institutions du système des Nations Unies utilisent la télédection dans le cadre de leurs programmes.

24. Etant donné que la plupart des pays utilisent actuellement les données provenant de la télédection par satellite, que 18 pays exploitent des stations de réception LANDSAT et SPOT et qu'un nombre limité mais croissant de pays exploitent ou envisagent d'exploiter des satellites de télédection, une coordination de la planification et de l'exploitation des satellites de télédection est de plus en plus nécessaire. Les exploitants des systèmes LANDSAT et SPOT organisent des réunions périodiques d'opérateurs de stations réceptrices au sol pour échanger des informations et normaliser les formats. Les exploitants actuels et potentiels de satellites de télédection se réunissent également périodiquement pour coordonner leurs plans. Plus généralement, le Comité des Nations Unies pour l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique, la Fédération internationale d'astronautique et le Comité de la recherche spatiale (COSPAR) constituent également des instances pour l'échange d'informations et la coordination des plans.

B. Utilisation des SIG et de la télédection pour l'évaluation et le suivi des ressources naturelles

25. Les progrès technologiques des 20 dernières années ont ouvert la voie à de nouvelles possibilités de traitement spatial des données sur l'environnement en vue de fournir des informations utiles pour la gestion des ressources naturelles. Les techniques les plus importantes ont trait à l'informatique, aux systèmes d'information géographique et à la télédection.
26. La baisse des coûts du matériel et du logiciel est allée de pair avec l'amélioration progressive des capacités de traitement des données géographiques. Outre l'accroissement de la vitesse de traitement de données et l'augmentation de la puissance des postes de travail, les nouvelles techniques de stockage telles que les CD-Roms et les CD optiques revêtent une importance particulière. Les méthodes de saisie automatique des données vectorielles et de trame pour différentes applications ne cessent de s'améliorer de sorte que l'utilisateur dispose d'un large choix de logiciels sur le marché.

27. Les logiciels spécialisés permettant le traitement de données spatiales, notamment sous la forme de systèmes d'information géographique et d'ensembles de traitement d'images, sont devenus progressivement plus sophistiqués et, dans de nombreux cas, leurs coûts ont également baissé. Par exemple, la manipulation de différents types de données telles que les données vectorielles et de trame est de plus en plus facile. Toutefois, de nombreux moyens restent à mettre au point. A cet égard, il faut en particulier mettre en place des moyens plus fonctionnels pour traiter les données tridimensionnelles, voire quadridimensionnelles, de sorte à y inclure explicitement le temps et améliorer les interfaces entre les utilisateurs et les systèmes. En outre, pour une grande part des moyens fonctionnels dont ils ont besoin, les utilisateurs peuvent maintenant compter sur du logiciel robuste. La mise au point au niveau local de logiciels devrait se poursuivre avec prudence et ces efforts devraient être rigoureusement contrôlés par les utilisateurs.
28. Dans un sens, la télédétection ne fournit que certains éléments de données pour les SIG. Cependant, les techniques propres à la télédétection, la disponibilité croissante des séries de données qu'elle fournit sous des formes spatiales contiguës et leur nature répétitive propice à la surveillance de l'environnement exigent qu'elle soit prise en compte séparément. Les utilisateurs doivent connaître les avantages qu'il y a à utiliser plusieurs séries de données de différentes résolutions spatiales et fréquences temporelles. Recueillir l'information utile peut exiger l'application de méthodes numériques automatiques. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue le rôle de méthodes manuelles plus simples. De nouvelles formes de données obtenues par télédétection continuent de voir le jour : elles comprennent non seulement les données provenant de nouveaux capteurs tels que ceux de ERS-1 et JERS-1 mais aussi de nouvelles séries de données provenant de systèmes existants telles que celles fournies par le radiomètre avancé de très grande résolution. Par ailleurs, les modifications de politiques de prix peuvent influencer grandement sur la pertinence des données, comme dans le cas de LANDSAT MSS et TM.
29. L'importance de ces progrès technologiques ne doit pas occulter le fait que l'adoption et la bonne application des nouvelles techniques n'ont pas trait simplement à l'acquisition de matériel et de logiciel appropriés et à la formation technique. Bien que ces éléments soient nécessaires, ils sont loin d'être suffisants. Il faut également, entre autres considérations, préciser d'amont en aval les éléments de tout système d'information spatiale tout en comprenant clairement au préalable les besoins en matière de gestion de l'information. Le passage par ces étapes est un préalable à la détermination des techniques et de l'équipement nécessaires à l'accomplissement des

tâches. Dans de nombreux cas, cette démarche peut ne pas déboucher sur l'adoption des techniques les plus récentes. Par exemple, les études récentes de la déforestation dans les pays et sur le continent s'appuient de plus en plus sur des méthodes de photo-interprétation appliquées à des produits photographiques MSS LANDSAT, approche suivie depuis le début des années 70. D'autres considérations importantes ont trait à l'organisation et à la gestion. Il peut y avoir une grande résistance aux nouvelles approches en raison de la menace apparente que l'information constitue pour les systèmes de collecte de données et les mécanismes organisationnels utilisés actuellement pour la gestion des ressources naturelles. On ne soulignera jamais assez combien il est important de convaincre les plus hauts responsables des avantages qu'offrent les nouvelles méthodes d'information fournie par les SIG et la télédétection.

30. Pour que l'introduction de nouvelles technologies soit couronnée de succès, il faut procéder à des estimations réalistes des coûts. Il est peut probable que les coûts du matériel et du logiciel représentent la plus grande part du financement nécessaire. La création, l'entretien et l'actualisation des bases de données d'un système représenteront, en fait, plus de la moitié du coût total. Veiller à ce que les différents niveaux des bases de données soient créés de manière systématique et que leur qualité et leurs insuffisances soient pleinement connues revêt une importance primordiale pour la réussite de tout système d'information. L'utilisation sans discernement de bases de données approvisionnées de l'extérieur ou la mise en commun sans rigueur des données faisant l'objet d'un assemblage interne doit être évitée. Malheureusement, même les bases de données de grande diffusion peuvent avoir des insuffisances ou des erreurs majeures. Comme exemples de ces bases de données, on peut citer l'indice de végétation globale et plusieurs modèles numériques pour zones étendues.

C. Rôle des satellites de télécommunication dans l'évaluation et la surveillance des ressources naturelles

31. Les images provenant des engins spatiaux d'observation de la terre constituent d'importantes sources d'information que peuvent notamment utiliser les pays en développement pour planifier l'exploitation de leurs ressources et prendre des mesures préventives pour éviter les effets des catastrophes naturelles. Les méthodes classiques que sont les services postaux et le transport par courrier sont relativement lents pour délivrer les images dont ont besoin d'urgence les personnes chargées de prendre des mesures pratiques sur la base de l'information contenue dans l'image.

32. Grâce aux méthodes électroniques de transmission de données numériques, le contenu d'une image peut, en principe, être transmis d'un point à l'autre de la surface de la Terre dans un délai raisonnablement court. Etant donné le volume important de données contenues dans l'image, un réseau de télécommunication à large spectre est nécessaire pour transmettre les données numériques à grande vitesse et pour diffuser la même image à plusieurs utilisateurs. Les méthodes classiques sont onéreuses et peu fiables sur de très longues distances. Il est donc préférable d'utiliser les satellites de communication.
33. Les progrès de la technologie des satellites de communication ont permis l'utilisation de petites stations au sol et de satellites de communication peu coûteux pour diffuser les données provenant des satellites d'observation de la Terre. Le système DIANA, mis au point par l'ASE pour la FAO, sera utilisé pour transmettre des données traitées obtenues par télédétection, par l'intermédiaire d'INTELSAT, à partir du siège de la FAO à Rome vers ses bureaux en Afrique. Le système DIANA initial comprend trois stations de télédétection qui seront installées sur le terrain en Afrique.
34. Les améliorations et les progrès continus de la technologie des satellites de communication ont entraîné une réduction des dimensions et du coût des stations terriennes. Les fonctions des grandes stations terriennes des années 60 utilisant des antennes de 30 mètres de diamètre peuvent maintenant être assurées par des stations terriennes modestes dotées d'antennes de moins de trois mètres de diamètre. La réduction de la taille de l'antenne et l'utilisation de fréquences plus élevées permettent d'installer les stations terriennes chez les utilisateurs des stations où à proximité.
35. Un phénomène revêtant un intérêt particulier est le concept du micro-terminal qui offre de nouvelles possibilités prometteuses pour une diffusion efficace et économique des données provenant de l'observation de la Terre et sur l'environnement. Le système DIANA est un exemple de système micro-terminal. Bien que les antennes des stations de réception aient un diamètre de 2,5 mètres, on considère ce type de station comme étant très petite dans le contexte d'INTELSAT et de la couverture hémisphérique du système.

D. Programme de la Banque mondiale sur les systèmes d'information sur l'environnement en Afrique subsaharienne

36. En collaboration avec d'autres donateurs et institutions internationales, la Banque mondiale a lancé le programme au début de 1990. L'objectif était d'aider les pays de l'Afrique subsaharienne à mettre en place des systèmes opérationnels d'information sur l'environnement de façon à satisfaire les demandes des utilisateurs des ressources, des planificateurs et des décideurs en vue d'une meilleure gestion des ressources. Ces systèmes constituent un élément essentiel des plans d'action nationaux sur l'environnement (PNUE) qui sont en voie d'élaboration pour un nombre croissant de pays d'Afrique. Les activités liées à ce programme relèvent du processus de mise en place des PANE.
37. Le programme apporte un appui aux pays africains pour l'évaluation de leurs besoins prioritaires en matière d'information sur l'environnement et les terres et pour l'analyse des questions techniques, institutionnelles, juridiques et économiques qui entravent toute évolution en la matière. Le programme les aide à trouver des solutions appropriées, durables et à long terme pour remédier aux problèmes.
38. Parmi les pays qui s'intéressent au programme et y ont participé en partageant les informations pertinentes figurent le Bénin, le Botswana, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Kenya, le Lesotho, Madagascar, le Sénégal, l'Ouganda et le Zimbabwe. Le degré de participation est fonction de l'intérêt exprimé par les pays et de la capacité de la communauté internationale à fournir les fonds nécessaires. Plusieurs institutions bilatérales et multilatérales, notamment la Banque mondiale, soutiennent le programme et on s'attend à la participation de bien d'autres.

E. Surveillance de l'environnement par satellite opérationnel aux fins de la sécurité alimentaire et de la lutte contre les criquets par la FAO en Afrique - les systèmes ARTEMIS et DIANA

39. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) développe, depuis 1975, l'utilisation de divers types de techniques de télédétection pour l'évaluation et la surveillance des ressources naturelles en vue d'applications diverses dans le cadre de son mandat dans les domaines

de l'agriculture, des forêts et de la pêche. La FAO a fait des progrès remarquables, surtout en Afrique, en ce qui concerne les applications pratiques des techniques de télédétection en matière d'alerte rapide pour la sécurité alimentaire et de lutte contre les criquets pèlerins.

40. En raison des graves sécheresses qu'a connues le continent africain ces 20 dernières années et des invasions fréquentes de criquets à la fin des années 70 et au milieu des années 80, la FAO a poursuivi des travaux expérimentaux sur l'évaluation à partir de l'espace des précipitations et de la végétation, à l'échelle continentale, tout en mettant en place un mécanisme entièrement opérationnel pour la surveillance en temps réel des conditions écologiques de l'accroissement de la population de criquets pèlerins. Grâce à une coopération technique internationale étroite entre la FAO, la NASA, le Laboratoire aérospatial national des Pays-Bas (NLR), et les universités de Reading et de Bristol, et avec l'aide financière du Gouvernement néerlandais, le système ARTEMIS (Africa Real Time Environmental Monitoring Information System) a été établi en août 1988 au Centre de télédétection de la FAO après une période de mise au point de trois ans.
41. Le système ARTEMIS est un système matériel/logiciels réservé. Il est conçu pour recevoir et traiter des données provenant du satellite environnemental géostationnaire METEOSAT et des satellites NOAA en orbite polaire, chaque heure et chaque jour respectivement. Après un traitement préalable, les données reçues chaque heure du satellite METEOSAT, qui couvre toute l'Afrique, sont transformées en un certain nombre de produits, fournissant ainsi des informations sur la durée des nuages froids (susceptibles de provoquer la pluie) sur tout le continent et une estimation des précipitations et du nombre de jours pluvieux, et ce tous les dix jours et tous les mois. Les données quotidiennes fournies par les satellites NOAA au cours de leurs passages orbitaux, grâce au capteur du radiomètre avancé de très haute résolution, de 4 km ou 1,1 km de résolution, deviennent, après traitement, l'indice de végétation composite maximal tous les dix jours et tous les mois. Outre les données de l'indice de végétation courante, le système ARTEMIS dispose d'archives historiques qui datent de 1981. Ces archives sont précieuses car elles permettent de comparer les données actuelles à la situation passée et fournissent une base pour l'évaluation des tendances.
42. Tous les produits ARTEMIS sont groupés dans un format géographique commun, la projection Hammer-Aitoff de couverture égale, et produits à une résolution spatiale commune de 7,6 km. A l'heure actuelle, les produits ARTEMIS provenant de METEOSAT couvrent l'Afrique et une partie du Proche-Orient et les produits de NOAA couvrent l'Afrique, l'Europe du Sud, le Proche-Orient et l'Asie du Sud-Ouest. Grâce à la coopération entre la FAO et

le Goddar Space Flight Centre de la NASA, la couverture par l'indice de végétation est progressivement étendue au reste de l'Asie et à l'Amérique latine.

43. Les produits ARTEMIS sont actuellement utilisés régulièrement par le Système mondial d'informations et d'alerte rapide de la FAO, le Service centralisé de prévision précoce sur les criquets, le Bureau des opérations de secours dans la région sahélienne (OSRO) ainsi que le Groupe agrométéorologique du Centre de télédétection de la FAO. En outre, le traitement plus poussé des produits ARTEMIS est assuré par deux projets régionaux de la FAO à Nairobi et à Harare respectivement, puis envoyés dans le cadre opérationnel aux systèmes nationaux et régionaux d'alerte précoce pour la sécurité alimentaire des pays membres de l'IGADD et de la SADCC.
44. Afin de rendre rapidement disponibles les produits ARTEMIS aux niveaux régional et national en Afrique, l'Agence spatiale européenne (ASE) et la FAO ont conjointement élaboré un projet tendant à la mise au point, à l'application et à la démonstration d'un système de satellite de communication réservé dénommé DIANA (Data and Information Available Now in Africa) capable de transmettre à grande vitesse des séries de données considérables par l'intermédiaire du satellite INTELSAT à des terminaux de télégestion utilisant des micro-ordinateurs.
45. Le système DIANA, qui est financé par les Etats membres de l'ASE, à savoir l'Italie, la Belgique, l'Espagne, l'Irlande, la Norvège, le Royaume-Uni et la Finlande, a été mis au point, sur le plan industriel, sous la direction de l'ASE entre février 1989 et juin 1991. Ce système est actuellement à l'essai dans les installations de télécommunications de Telespazio à Fucino (Italie). Cette phase d'essai comportera une période de formation au maniement du terminal télécommandé à l'intention du personnel de la FAO. Par la suite, trois stations terriennes DIANA seront installées au Bureau régional de la FAO pour l'Afrique à Accra (Ghana), au Centre régional de services spécialisés dans le domaine des levés, des cartes et de la télédétection (RCSSMRS) à Nairobi (Kenya) et au Département des services météorologiques à Harare (Zimbabwe) au début de 1992. Ces stations seront reliées à un terminal central du siège de la FAO par le satellite INTELSAT situé au dessus de l'Océan Indien. A partir de mars 1992, diverses applications du système DIANA dans le domaine des télécommunications feront l'objet d'une démonstration dans le cadre des programmes de la FAO pour une période d'un an.

F. L'élément de télédétection dans le système d'alerte rapide des pays membres de l'IGADD

- 46.** Le RCSSMRS à Nairobi gère le projet GCPS/231/JPN de la FAO intitulé "Élément de télédétection du système d'alerte rapide pour les pays de l'Afrique de l'Est", pour le compte de l'IGADD. L'Autorité intergouvernementale pour la lutte contre la sécheresse et pour le développement (IGADD), dont le siège est en République de Djibouti, apporte une assistance à ses six Etats membres (Djibouti, Ethiopie, Kenya, Somalie, Soudan et Ouganda) pour différentes activités de surveillance de la sécheresse et de développement. L'un des objectifs particuliers de l'IGADD est d'aider ses Etats membres à améliorer leurs systèmes de sécurité alimentaire et d'alerte rapide et à mettre en place un système d'alerte rapide et d'information pour la sécurité alimentaire à son siège à Djibouti.
- 47.** Au cours de la dernière décennie, la recherche internationale a démontré l'efficacité des satellites météorologiques dans la surveillance de la pluviométrie et de la dynamique de la végétation depuis l'espace. Le projet IGADD/FAO basé au RCSSMRS, qui est financé par le Gouvernement japonais, utilise cette technologie pour fournir aux systèmes sous-régionaux et nationaux d'alerte rapide des données de télédétection concernant les estimations de la pluviométrie et la surveillance de la végétation.
- 48.** Deux satellites météorologiques, METEOSAT² et NOAA,³ fournissent les informations de base dont a besoin le projet, respectivement pour les estimations de la pluviométrie et la surveillance de la végétation au niveau régional. Les estimations de la pluviométrie sont effectuées tous les dix jours à partir des images de METEOSAT relatives aux nuages froids. Toutefois, la précision des estimations est fonction des données d'étalonnage provenant des stations météorologiques.
- 49.** Les données du satellite NOAA fournissent des informations complémentaires sur la dynamique et l'état de la végétation tous les dix jours pour la même zone couverte, et ce grâce à un indice de "verdure" de la végétation calculé à partir des informations saisies par le radiomètre avancé de très haute résolution embarqué sur le satellite.

2 METEOSAT est un satellite météorologique géostationnaire exploité par l'Agence spatiale européenne.

3 NOAA est un satellite en orbite polaire exploité par la National Oceanographic and Atmospheric Administration des Etats-Unis.

50. Le projet utilise actuellement pour ses activités des images traitées provenant du système ARTEMIS au siège de la FAO en Italie ainsi que de la NASA/GSFC et de l'USAID/FEWS aux Etats-Unis. La résolution spatiale nominale de ces données est de 7,6 km. Les récents développements intervenus au Service de météorologie du Kenya et au RCSSMRS permettront de recevoir et de traiter directement les données NOAA à Nairobi, ce qui réduit le temps nécessaire à la transmission des données aux utilisateurs nationaux et améliore la résolution spatiale en la portant à environ un kilomètre. Les satellites de télécommunication utilisant le système DIANA⁴ feront également l'objet d'un essai en 1992, entre le RCSSMRS à Nairobi et la FAO en Italie. On envisage à long terme d'y faire participer des systèmes similaires existants dans d'autres pays membres de l'IGADD en vue d'une transmission rapide des données par satellite du RCSSMRS à Nairobi vers chaque Etat membre de l'IGADD.
51. Le projet a également axé ses efforts sur la formation des nationaux à l'utilisation et à l'interprétation des données provenant de satellites à des fins d'alerte rapide. Plus de 100 stagiaires des Etats membres de l'IGADD ont participé à des ateliers organisés au RCSSMRS à Nairobi ou dans leurs pays respectifs en 1990/1991. La formation demeurera un élément important du projet pendant le reste de la période d'exécution.

G. Applications de la télédétection et du SIG à la pêche et à l'aquaculture en Afrique

52. La pêche revêt une importance particulière pour l'Afrique. En 1989, les prises en haute mer ont été de 3 121 000 tonnes tandis que celles des eaux intérieures étaient de 1 871 000 tonnes. Les exportations totales de poisson étaient évaluées à 1 320 000 dollars E.-U. et représentaient 11% de la production agricole totale de la même année. Le poisson joue un important rôle sur le plan nutritionnel en Afrique. Par exemple, au Malawi, 70% des protéines animales proviennent du poisson.
53. Dans le secteur de la pêche, l'objectif général est d'accroître ou au moins de maintenir la production afin de satisfaire les besoins nutritionnels nationaux et de générer des revenus et des emplois. Les spécialistes de la pêche doivent informer les décideurs de la nécessité ou non d'assurer une gestion, une coordination et une coopération appropriées de façon à protéger les intérêts en matière de pêche et d'aquaculture. En fournissant des services consultatifs, les experts techniques en matière de pêche doivent répondre à certaines questions telles que : les ressources sont-elles surexploitées ou

⁴ DIANA est une initiative conjointe de la FAO et de l'ASE.

sous-exploitées? Sont-elles menacées par la dégradation de l'environnement? Un développement accru entraînera-t-il un accroissement des prises, des revenus et des emplois? Quelles sont les potentialités qu'offre le développement de l'aquaculture au niveau national et quels sont les meilleures possibilités de développement? Les réponses à ces questions exigent des informations à jour de bonne qualité, dont certaines peuvent être obtenues grâce aux systèmes d'information géographique (SIG) et à la télédétection.

54. La présente communication avait pour objectif d'illustrer certaines des applications des SIG et de la télédétection à la pêche et à l'aquaculture utilisées en Afrique, de façon à faire connaître les besoins en matière d'informations pour le secteur de la pêche et l'aquaculture et à donner un aperçu des activités en matière de SIG et de télédétection envisagées par la FAO dans le secteur des pêches.
55. Le Département des pêches de la FAO, en collaboration avec d'autres services de la FAO et des organisations nationales et internationales, mène des activités où les SIG jouent un rôle important. L'expérience montre que la gestion et le développement des pêches et de l'aquaculture ainsi que la surveillance et la gestion de l'environnement devraient être étroitement intégrés. Appuyés par la télédétection, les SIG jettent les bases technologiques d'une telle intégration.

H. Surveillance des cultures et estimation précoce des rendements à l'aide de l'indice de végétation normalisé - Etude de cas au Burkina Faso

56. Le document contient l'analyse d'une série d'images transmises par satellite tous les dix jours sur l'indice de végétation normalisé (IVN) provenant de NOAA-AVHRR pour l'estimation précoce des rendements de cultures au Burkina Faso. Les données, d'une résolution de 7,6 km sur 7,6 km et couvrant les années 1984 à 1989, ont été obtenues auprès du système ARTEMIS de la FAO et utilisées pour les cours organisés par "FAO/ITC ARTEMIS and GIS" sur l'alerte rapide en vue de la sécurité alimentaire à Nairobi en novembre-décembre 1990.
57. Les données sur l'indice de végétation (IVN) transmises par satellite ont été superposées à des cartes de référence et modélisées à l'aide du système géo-informatique ILWIS. La valeur moyenne IVN des unités administratives a été calculée pour chaque image et une base de données tabulaires a été établie à partir des valeurs IVN et des données recueillies sur le terrain telles que les rendements et la pluviométrie. A partir de ces données, on a procédé à une interprétation des courbes de l'IVN et de la pluviométrie ainsi qu'à une analyse

de la régression entre l'indice et les rendements agricoles. Les séries IVN ont été analysées afin d'évaluer la biomasse herbacée et ligneuse ainsi que la charge potentielle de bétail. Des modèles spatiaux de SIG basés sur l'indice de végétation ont été conçus, notamment pour l'établissement de cartes pendant les dix premiers jours de la campagne agricole, la combinaison des données sur l'IVN et la pluviométrie fournies par satellite et l'estimation des distances pour la gestion logistique de la sécurité alimentaire.

58. Il ressort d'une analyse approfondie des procédures d'estimation de la production au Burkina Faso que la plupart des statistiques sur le rendement agricole au niveau provincial étaient suffisamment fiables pour constituer une base de données historiques. La première série de données analysées portait sur les rendements de mil, l'IVN et la pluviométrie dans sept provinces du Nord du Burkina Faso sur une période de cinq ans. Pour cette série limitée de données et ces conditions agrométéorologiques bien connues, plusieurs paramètres de régression de l'IVN ont été comparés. Pour le Nord, une régression linéaire simple basée sur des valeurs maximales moyennes par dix jours ou par mois d'IVN s'est révélée supérieure aux régressions basées sur l'IVN intégré et sur les taux d'accroissement d'IVN. Des régressions multiples menaient à des coefficients de correction beaucoup plus élevés, mais seulement vers la fin de la campagne agricole (jusqu'à $r^2 = 0,87$). De bonnes corrélations et de faibles erreurs types (jusqu'à 80 kg/ha) peuvent être obtenues à partir de fin août, ce qui correspond au temps fort de la campagne agricole. On peut donc prévoir le rendement dès le deuxième mois avant la récolte.
59. En appliquant les régressions du mois d'août à des provinces du Centre et du Sud, on a trouvé qu'une partie de ces provinces confirmait la régression linéaire obtenue pour le Nord. Par contre, dans la majorité des provinces, on a obtenu de meilleures estimations en utilisant une équation polynôme du second degré. Un test des régressions sur les données de 1989 pour toutes les 30 provinces a été effectué, en appliquant la régression linéaire au rendement de certaines provinces et la régression non linéaire à celui d'autres. Ce test a révélé une erreur d'estimation de moins de 15% dans la moitié des provinces en août, c'est-à-dire environ deux mois avant la récolte. Dans l'autre moitié des provinces, des erreurs élevées ont été constatées bien que regroupées par région, ce qui indique qu'elles proviennent de sources différentes selon les régions. Une analyse approfondie des données agrométéorologiques ainsi que les informations supplémentaires obtenues auprès du service de protection des phytosanitaires ont confirmé que les écarts d'estimation de rendements provenaient essentiellement d'une invasion acridienne, d'une pluviométrie excessive et, dans une moindre mesure, de la sécheresse survenue en septembre après les prévisions. Par conséquent, des

facteurs de correction tenant compte de l'invasion des ravageurs et d'autres problèmes doivent être appliqués aux modèles en coopération étroite avec les organisations compétentes.

I. Applications de la télédétection et des SIG aux ressources en eau en Afrique

60. Cette communication porte sur les possibilités et les moyens pratiques de fournir des informations en vue d'une meilleure gestion des ressources en eau. Ces informations proviennent d'images par satellites traitées, interprétées et combinées à des données auxiliaires provenant d'autres sources.
61. Les informations relatives aux ressources en eau peuvent être nécessaires à petite et grande échelle pour l'établissement des bilans hydriques des sols, l'agriculture pluviale, l'aménagement des parcours pour l'élevage et l'évaluation des eaux de ruissellement.
62. Pour déterminer le budget nécessaire à la gestion des ressources en eau, il faut des informations tant sur la pluviométrie que sur l'évaporation des eaux. C'est ainsi que beaucoup de travaux ont été effectués sur ces deux sujets. L'évaporation ne peut être observée directement au moyen d'un satellite; elle doit être estimée grâce à un modèle de procédé d'échange en surface. Il n'a pas encore été prouvé qu'une méthode d'estimation régulière est meilleure que le recours à la climatologie. Il conviendrait mieux de baser la relation entre l'évaporation réelle et l'évaporation potentielle sur des observations de la couverture terrestre et peut-être de l'humidité du sol, qui peuvent être déterminées à partir des satellites. On peut également déduire des variations de courte durée de l'évaporation potentielle à partir d'observations des nuages par satellite.
63. Si les estimations de la pluviométrie sont devenues des opérations courantes, il faut toutefois s'assurer de leur degré de fiabilité selon l'objectif visé. Les estimations de la pluviométrie basées sur les statistiques de nuages froids indiquent des taux de pluviométrie dans les régions périodiquement arides si les valeurs moyennes sont calculées sur dix jours ou plus et à l'échelle de quelques pixels (dix km et plus). Dans de nombreuses zones critiques, l'absence de pluie apparaît clairement. Cette méthode permet également de faire des estimations de pluies journalières reçues par de grands cours d'eau (tels que le Sénégal ou le Nil Bleu) qui peuvent être utilisées dans les modèles hydrologiques pour faire des prévisions concernant les débits ou les inondations.

64. Au moyen de systèmes de réception et de traitement informatisés locaux, certains centres en Afrique procèdent actuellement à des estimations fiables de la pluviométrie. Ces estimations semblent être d'une utilité immédiate pour les décideurs. Les utilisateurs des données obtenues doivent être en mesure de les interpréter, étant donné la variabilité locale de la pluviométrie en particulier.

J. Applications de la télédétection et des SIG à la gestion des forêts et des parcours

65. Cette communication porte sur l'expérience du laboratoire de télédétection et de SIG de l'Université de Lund en matière d'analyse des activités de télédétection et de SIG en vue de la surveillance et de la planification des ressources dans les milieux africains.
66. L'équipe de Lund mène actuellement à terme un projet FAO sur l'évaluation du bois de chauffage dans l'Est du Soudan (sur une superficie d'environ 800000 km²), en combinant la collecte à grande échelle de données obtenues sur le terrain, de données LANDSAT TM traitées par ordinateur (32 scènes) pour la production de cartes à 1:250000 et une base intégrée de données écologiques devant être utilisées dans le cadre des SIG pour la planification stratégique des ressources naturelles. L'équipe participe également aux efforts faits par la Banque mondiale et la Zimbabwe Forestry Commission pour mettre en place un plan d'action sur la forêt tropicale (PAFT). Elle a actuellement pour tâche d'examiner, de rassembler, de numériser et de traiter les données existantes, relatives notamment à l'utilisation des terres, à la végétation, aux types de biomasse ligneuse, à la population, aux circonscriptions administratives, aux types de régimes fonciers, aux données agro-écologiques, afin de concevoir et de mettre en route une base de données nationale en vue de la planification intégrée dans le cadre d'un système d'information géographique national.
67. La variété des données obtenues par télédétection, depuis les photos aériennes et les données géographiques numériques de haute résolution aux données NOAA AVHRR de faible résolution, constitue souvent le préalable à l'analyse intégrée nécessaire au suivi et à la planification à différents niveaux. Les données par satellite de haute résolution sous forme numérique peuvent être utilisées de manière opérationnelle pour effectuer des évaluations quantitatives de la biomasse ligneuse dans les savanes arborées les plus courantes. Cela est possible du point de vue des coûts et du temps nécessaire, même à l'échelle nationale lorsque des moyens informatiques efficaces sont utilisés. Le traitement des données par l'indice de végétation normalisé du

système NOAA est la méthode couramment utilisée pour effectuer des évaluations quantitatives de la biomasse verte.

68. La méthode d'échantillonnage par couches a été utilisée en se fondant sur la méthodologie d'échantillonnage par zone mise au point par USDA. L'utilisation de GPS simplifie toutes les opérations de collecte de données sur le terrain tout en donnant les positions sur le terrain avec la précision voulue.
69. Les stratégies de collecte de données visent la création d'une base de données parmi tant d'autres, couvrant la zone d'intérêt. La base de données fonctionne dans le cadre d'un système d'information géographique permettant l'établissement de modèles d'analyse intégrée. Toutes les opérations sont menées sur un mode interactif, grâce à un dialogue continu entre l'opérateur et le système informatique. Les cartes, les statistiques, les graphiques, etc. peuvent être immédiatement affichés et édités.
70. La télédétection est fréquemment utilisée pour évaluer les disponibilités en ressources naturelles. Cependant, le but ultime doit aller au-delà : analyser non seulement l'offre mais également la demande et l'accès à ces ressources. La mise au point de modèles spatiaux d'utilisation des terres peut constituer un moyen de mettre en place à terme un système de suivi. Des modèles combinés indiquant l'offre et la demande pour ce qui est des ressources ligneuses, de la production de mil et de la disponibilité des terres ont été mis au point par le laboratoire de télédétection et de SIG de l'Université de Lund et appliqués avec succès en Ethiopie et au Soudan.
71. Du point de vue pratique et économique, il est impossible d'obtenir des informations détaillées et à jour (par exemple par levé topographique) sur les ressources naturelles des pays en développement ayant une grande superficie. Ces informations détaillées et à jour nécessaires à la planification et à la gestion des ressources naturelles ne peuvent être obtenues que dans un nombre très réduit de domaines prioritaires, notamment la gestion des bassins hydrographiques. Les stratégies régionales ou provinciales doivent se fonder sur des méthodes de collecte de données moins détaillées et moins précises, ce qui exige des informations plus générales mais à jour qui serviront de base aux stratégies et priorités nationales. Les trois niveaux d'information et de planification sont les niveaux local, régional et national.
72. Les échelles et les données obtenues par télédétection ci-après illustrent le concept de l'approche à trois niveaux :
 - a) Le niveau national, 1:500000 à 1:250000, utilisant des données LANDSAT MSS (une fois sur une période de 1 à 5 ans);

- b) Le niveau régional, 1:250000 à 1:100000, utilisant des données LANDSAT MSS et TM;
 - c) Le niveau local, 1:50000 à 1:10000, utilisant des données LANDSAT TM, des données SPOT, des photographies aériennes et des travaux sur le terrain, selon les informations nécessaires.
73. Il s'ensuit que les bases de données sont créées pour les niveaux correspondants, notamment les données sur la population, les précipitations, les rendements des cultures, et l'économie sociale, en vue de l'analyse intégrée de l'offre et de la demande et des projections concernant les ressources naturelles dans le cadre d'un SIG informatisé.
74. Le coût total (données provenant de satellites, traitement informatique, travaux sur le terrain, salaires, voyages, etc.) de la mission de l'équipe de Lund devant mettre en place une base de données intégrée sur les ressources naturelles, qui doit être utilisée pour l'analyse de l'environnement et la planification stratégique, est de l'ordre de 2 à 5 dollars E.-U./km² selon les ambitions. Le temps nécessaire à la mise en place d'une base de données, par exemple pour l'analyse de l'offre et de la demande de biomasse ligneuse/bois de chauffage à l'échelle de 1:250000 sur une superficie de quelque 600000 km², est de l'ordre de un à deux ans lorsque le système est basé sur une combinaison de données LANDSAT TM traitées et de travaux sur le terrain.

K. Applications de la télédétection et des SIG aux ressources minérales

75. Depuis le lancement dans les années 70 des satellites LANDSAT d'observation de la terre, des imageries spatiales ont été fournies aux géologues, ce qui a permis de comprendre simultanément plusieurs aspects des phénomènes géologiques. Les phénomènes géologiques surviennent effectivement à plusieurs échelles : à l'échelle continentale, on observe des plaques tectoniques et la formation de failles; à l'échelle régionale, les plissements deviennent visibles; et à l'échelle locale, se produit par exemple la minéralisation.
76. L'analyse des données obtenues par télédétection a permis de détecter des roches, des failles, des structures et des caractéristiques hydrographiques ainsi que des anomalies de ton qui revêtent une importance pour les programmes de prospection des ressources minérales. Il existe toutefois des limites : par exemple, la télédétection par satellite fournit des informations concernant la

surface de la terre. La structure géologique souterraine doit de ce fait être définie à partir des particularités présentées par les sols et le réseau hydrographique.

77. Une grande partie des informations obtenues par analyse des images grâce à des techniques de traitement numérique favorise dûment les interprétations géologiques. Cependant, dans de nombreux cas, on peut reconnaître les roches, ou au moins les distinguer, en raison de leurs propriétés spectrales. Cela peut s'observer dans les régions arides et semi-arides.
78. Les satellites futurs dotés de bandes spectrales plus nombreuses fourniront plus d'informations lithologiques et structurelles détaillées, utiles pour la production de cartes qui sont essentielles pour les prospections géologiques.
79. Pour le géologue, les SIG offrent aujourd'hui la possibilité d'intégrer trois types d'informations :
 - a) Des observations sur le terrain, ou points;
 - b) Des frontières géologiques, ou lignes;
 - c) Des surfaces géologiques, ou zones.
80. L'intégration des données se fait diversement, en allant des méthodes de superposition manuelle des cartes aux systèmes numériques entièrement intégrés d'information géographique, ce qui renforce l'utilisation des données de télédétection dans les programmes de prospection et de génie géologique. L'intégration des données comporte deux principaux éléments : l'enregistrement, la manipulation et l'affichage numériques des données et l'analyse manuelle et l'interprétation des données.
81. L'intégration de diverses données telles que les données de télédétection, les données géochimiques et les données géophysiques en vue d'une analyse commune prend de l'ampleur, notamment dans les modèles de prospection à l'intention des pays en développement.

L. Structures et activités de formation dans le domaine de la télédétection et des SIG en Afrique

82. L'idée de créer des structures de formation pour la télédétection en Afrique remonte au début des années 60, au lendemain de l'indépendance des pays africains. A cette période, les données de base concernant les dotations nationales en ressources naturelles revêtaient une importance particulière

pour les jeunes Etats. Les sources d'information telles que les cartes thématiques et topographiques nécessaires pour la planification et le développement soit n'existaient pas, soit ne faisaient pas l'affaire. La production de sources de données comme les cartes à partir des photographies aériennes ou des images de télédétection par satellite exige des moyens appropriés et une main-d'oeuvre qualifiée pour collecter les informations qui seront utilisées pour la planification nationale et l'élaboration des programmes de développement.

- 83.** La mise en place de structures de formation dans le domaine de la télédétection et des SIG avait donc pour objectif de produire une main-d'oeuvre qualifiée afin de satisfaire les besoins des pays concernés et partant d'assurer leur autonomie dans ce domaine. Les activités de formation dans le domaine de la télédétection et des SIG en Afrique peuvent être divisées en deux catégories, à savoir d'une part les activités entreprises au niveau régional par des institutions internationales ou régionales et, d'autre part, celles menées par les institutions nationales. Les organisations internationales, par exemple, ont considérablement contribué à la création des centres régionaux et fournissent des fonds pour l'élaboration de nombreux programmes nationaux relatifs à la formation aux applications de la télédétection et des systèmes d'information géographique à la gestion des ressources naturelles et à la surveillance de l'environnement.
- 84.** Les institutions régionales de formation dans le domaine de la télédétection ayant été créées à la demande de certains pays, les installations sont donc utilisées en commun. Leur création répondait à la nécessité exprimée par les Etats membres sous forme de résolutions qui ont été, par la suite, adoptées et approuvées par la Conférence des ministres responsables de la planification économique et du développement. L'objectif était de former, grâce à des cours de courte et longue durée, une main-d'oeuvre qualifiée en cartographie et en télédétection, élément essentiel de la prospection, de l'exploitation et de la gestion des ressources naturelles de ces pays.
- 85.** C'est ainsi que le Centre régional de formation aux techniques de levés aériens (RECTAS) a mis au point un programme d'enseignement distinct pour chacun des cours de formation qu'il dispense notamment aux opérateurs, aux techniciens, aux technologues ainsi que pour le diplôme de hautes études universitaires en photogrammétrie, en cartographie et en télédétection. Dans le cas du Centre régional de services spécialisés dans les domaines des levés, des cartes et de la télédétection (RCSSMRS) de Nairobi, la formation est dispensée sous forme de stages de courte durée généralement adaptés aux besoins d'un ou plusieurs Etats membres de la sous-région. L'accent est donc mis sur l'application des données de télédétection à l'exécution des projets sur

les ressources naturelles. Ces projets portent notamment sur la sécurité alimentaire et les systèmes d'alerte rapide, les ressources forestières, la mise en valeur des ressources en eau et l'aménagement des terres. Quant au Centre régional de télédétection de Ouagadougou (CRTO), ses activités sont essentiellement orientées vers l'assistance aux utilisateurs et il forme des diplômés s'occupant de la planification et de la mise en valeur des ressources naturelles. Parmi les autres institutions régionales s'occupant de formation, figurent AGRHYMET à Niamey, l'Autorité intergouvernementale pour la lutte contre la sécheresse et pour le développement (IGADD) à Djibouti et la Conférence de coordination du développement de l'Afrique australe (SADCC). La formation qu'elles dispensent est limitée à la formation en cours d'emploi dans le domaine des applications de la télédétection et des systèmes d'information géographique aux programmes de suivi de l'environnement et de sécurité alimentaire.

86. Au niveau national, les services administratifs chargés des levés et des cartes, des services météorologiques, des levés géologiques et des services agricoles et forestiers s'occupent généralement de la formation en cours d'emploi. Ainsi, plusieurs pays ont reconnu les potentialités et l'importance de cette technologie et ont par conséquent créé des centres nationaux de formation et d'assistance aux utilisateurs. Ces centres organisent des cours de formation à l'intention des fonctionnaires des ministères et des services publics. En outre, certaines universités de la région offrent des cours fondamentaux en photogrammétrie, en photo-interprétation et en traitement et interprétation des données d'imageries. L'enseignement universitaire est de nature plutôt théorique et les activités de recherche appliquée sont très inadaptées. Il faut donc d'urgence que les établissements d'enseignement supérieur d'Afrique participent directement à l'élaboration des programmes de formation scientifique et technique de la main-d'oeuvre portant sur la télédétection et les systèmes d'information géographique au service du développement. Des mesures appropriées devraient être prises pour l'exécution de projets de recherche appliquée dans le cadre des programmes universitaires. Il faudrait de ce fait mobiliser ou dégager des fonds sur le plan intérieur à cette fin avant de rechercher un financement extérieur.

87. Les ressources humaines constituent le facteur clé du développement régional et national. Il convient donc d'accorder une attention particulière à leur planification et à leur mise en valeur ainsi qu'à la mobilisation de fonds pour ces ressources qui constituent un investissement physique et en capital. La création de centres opérationnels aux niveaux régional et national dans le domaine de la télédétection et des systèmes d'information géographique est une tâche de longue haleine. Par ailleurs, la technologie et les techniques se

développent si rapidement qu'il faut faire preuve de créativité, en particulier pour ce qui est de l'affectation des fonds à l'équipement et à la formation.

M. Le Programme GEMS/UNITAR de SIG et de télédétection pour l'Afrique

- 88.** L'Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche (UNITAR) est chargé des programmes de formation et de recherche au sein du système des Nations Unies. Le Bureau européen de l'UNITAR à Genève a mis au point un programme de formation aux techniques de gestion de données sur l'environnement en vue de l'exploitation des ressources naturelles, utilisant essentiellement comme méthodes les systèmes d'information géographique (SIG) et les systèmes de traitement d'images (STI). L'UNITAR exécute le Programme GEMS/UNITAR pour l'Afrique pour le compte du Système mondial de surveillance continue de l'environnement (GEMS) du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).
- 89.** Le Programme GEMS/UNITAR pour l'Afrique vise à renforcer les moyens nationaux de surveillance de l'environnement et d'évaluation des ressources naturelles. Travaillant en collaboration avec des institutions nationales de 11 pays africains, le Programme dispense une formation en matière de systèmes d'information géographique (SIG) et de systèmes de traitement d'images (STP) aux spécialistes de la gestion des ressources, améliore leur matériel et logiciel informatiques, apporte une assistance sous forme d'un projet SIG pilote et fournit un appui à moyen et long termes pour ce qui est de l'établissement de réseaux, de la formation et du financement.
- 90.** Le Programme appuie activement les groupes nationaux d'utilisateurs de SIG et de télédétection et encourage l'élaboration de programmes d'enseignement dans les universités. En outre, le Programme encourage la formation de comités nationaux ad hoc pour les SIG et la télédétection. Ces comités constituent des instances d'examen des politiques, de règlement des différends institutionnels et de rapprochement entre utilisateurs et donateurs. Les séminaires nationaux organisés à la fin du projet pilote offrent l'occasion idéale d'intensifier ces liens.
- 91.** Au niveau sous-régional, des programmes d'appui technique, comprenant notamment des cours de formation, la fourniture d'un appui technique et des séminaires, sont actuellement mis en place dans les structures de formation sous-régionales. Le Programme établit des liens opérationnels entre les SIG nationaux et leurs organisations sous-régionales à la fois pour encourager le développement des capacités de celles-ci en matière de SIG et pour satisfaire les besoins des Etats membres. Ces programmes, qui comportent des ateliers

et des cours de formation, sont en cours en Afrique de l'Ouest au niveau du CILSS (Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel), en Afrique de l'Est au niveau de l'IGADD (Autorité intergouvernementale pour la lutte contre la sécheresse et pour le développement), et en Afrique australe au niveau de la SADCC (Conférence de coordination du développement de l'Afrique australe).

N. Transfert de compétences techniques en matière de télédétection et de SIG aux géologues d'Afrique dans le cadre du programme "GARS" de l'Unesco

92. Le projet sur les applications géologiques de la télédétection (GARS) découle des recommandations d'un séminaire organisé en 1984 par l'Unesco et l'Union internationale des sciences géologiques (UISG). Ce projet avait pour objectif principal d'encourager les programmes d'application de la télédétection en incorporant les résultats obtenus par les laboratoires de recherche avancée sur la télédétection à des projets concrets.
93. Les objectifs généraux du programme GARS se présentent comme suit:
- a) Faire des démonstrations sur les technologies avancées de télédétection en vue de l'interprétation de structures géologiques liées aux ressources minérales et à d'autres phénomènes;
 - b) Assurer le transfert de l'information et de la technologie grâce à la recherche partagée;
 - c) Diffuser les informations concernant les analyses géologiques et les résultats obtenus aux institutions participantes.
94. L'UISG et l'Unesco ont choisi certains laboratoires européens et africains en tenant compte du programme proposé et du financement du projet. Des images LANDSAT et SPOT multispectrales et panchromatiques de l'Ouest de la Tanzanie et du Burundi ont été fournies aux équipes de recherche, ces régions ayant été choisies à cause de la diversité de leur lithologie et de l'homogénéité relative de leur couvert végétal. Une étude sur le terrain a été menée, au cours de laquelle les radiomètres ont été intensivement utilisés pour vérifier les résultats obtenus en laboratoire et y ajouter des données subsidiaires.
95. Une vingtaine de scientifiques participaient au projet qui a publié 30 documents. Malgré le succès du projet GARS du point de vue scientifique,

l'expérience a montré toutefois ses insuffisances en ce qui concerne le transfert d'informations et de technologies.

96. Afin de réduire ces insuffisances, il a été décidé de mettre en route une nouvelle phase d'activité du projet qui serait entièrement consacrée au transfert du savoir-faire et de la technologie. Ce programme GARS-Transfert a été possible grâce à une contribution spéciale du Royaume de Belgique fournie à l'Unesco.
97. Les objectifs du programme GARS-Transfert sont les suivants :
- a) Former un groupe de 2 à 4 géologues en télédétection dans chacun des cinq pays choisis (Burundi, Rwanda, Ouganda, Tanzanie et Zambie) afin de constituer un noyau;
 - b) Fournir une station complète de traitement d'images à chaque unité, celle-ci devant être installée dans les locaux du département de géologie;
 - c) Participer à un programme d'application ayant un intérêt national pour le pays hôte, les images nécessaires étant fournies par le projet;
 - d) Participer à un programme international sur un thème intéressant tous les pays concernés et défini par l'Unesco.
98. Le projet ci-dessus a commencé en 1990 et les phases a) et b) sont déjà achevées.

IV. Résumé des Observations et des Débats de l'Atelier

99. A partir des exposés techniques faits par les spécialistes sur les applications de la télédétection et des systèmes d'information géographique dans les domaines de l'agriculture, des forêts et des parcours, de la pêche, de l'alerte rapide pour la sécurité alimentaire et la prévision des récoltes, des ressources en eau et des ressources minérales, ainsi que des communications sur les installations existantes de télédétection et de SIG, les activités de formation et le développement des institutions et des télécommunications en Afrique, l'atelier a pris note, lors des séances plénières, de ce qui suit :
- a) Compte tenu de la situation actuelle et de l'évolution dans un proche avenir, notamment en ce qui concerne le coût sans cesse décroissant du matériel et des logiciels nécessaires pour l'évaluation et la gestion des

ressources naturelles en Afrique, la télédétection et les SIG offrent des possibilités considérables. Cela est d'autant plus important que l'Afrique est beaucoup plus riche en données sur les ressources qu'on ne le croit généralement, quoique ces informations soient souvent largement inaccessibles par manque de mécanismes de stockage et de saisie systématiques;

- b) L'utilisation de la télédétection et des SIG à des fins opérationnelles et de développement, y compris de données provenant de l'observation des ressources de la Terre et de l'environnement, prend rapidement de l'ampleur en Afrique. Dans de nombreux domaines d'application, notamment l'utilisation des terres et le suivi des changements, l'alerte rapide pour la sécurité alimentaire et la prévision des récoltes; la pêche continentale, l'estimation de la biomasse des forêts et des parcours et l'évaluation des ressources minérales et des ressources en eau, le développement de ces deux technologies a atteint un niveau de maturité qui exige des investissements aux niveaux national et régional, ce qui permettrait de développer les institutions et de former la main-d'oeuvre requise pour utiliser la télédétection et les systèmes d'information géographique dans le processus de planification nationale et régionale et pour exécuter des programmes techniques de développement;
- c) Du fait que les potentialités de la télédétection et des systèmes d'information géographique ne sont pas bien comprises par les plus hautes instances des gouvernements et des organisations régionales, des ressources financières et humaines suffisantes ne sont pas allouées aux services publics pour le développement de la télédétection et des SIG;
- d) Nombreux sont les institutions des Nations Unies, les donateurs bilatéraux et les programmes universitaires extérieurs s'occupant du développement de la télédétection et des SIG et de la formation y relative en Afrique. Il est primordial que les gouvernements et les organisations régionales établissent des liens de coopération et de coordination étroites avec ces programmes sur la base de priorités de développement national et régional soigneusement définies. Il faut également envisager une coordination appropriée entre les donateurs multilatéraux et bilatéraux;
- e) Afin d'utiliser plus efficacement les données, il faut un meilleur échange des informations sur les activités de télédétection et des systèmes d'information géographique entre les différents secteurs. Ce besoin est manifeste, d'une part au niveau des organisations internationales et régionales et, d'autre part, à celui des ministères à l'échelon national;

- f) Il y a confusion, à différentes échelles, concernant les données nécessaires à la réussite des activités en matière de SIG, y compris les données fournies par satellites et celles reçues d'autres sources classiques. Les programmes de vulgarisation et de formation devraient permettre de trouver des solutions à ce problème. Le besoin de formation au niveau des techniciens, des spécialistes et des décideurs a été largement reconnu. Les universités nationales doivent jouer un important rôle pour satisfaire cette exigence;
- g) Il y a un manque de coordination en matière d'élaboration des normes et des formats pour les bases de données des SIG aux niveaux mondial, régional et national. On constate par ailleurs que les bases de données créées à partir de divers produits SIG sont de plus en plus interchangeables;
- h) Les centres régionaux s'occupant de cartographie et de télédétection de Nairobi, d'Ile Ife et de Ouagadougou sont considérés comme des catalyseurs qui jouent un rôle essentiel en matière de développement de la télédétection et des SIG, de formation et de leurs applications au bénéfice des pays membres et des organisations régionales. Cependant, leurs moyens financiers et leurs infrastructures actuels ne leur permettent pas d'honorer pleinement leurs obligations. Il existe également des projets de création d'autres centres régionaux;
- i) Le manque actuel d'installations pour la réception directe de données provenant de satellites sur les ressources de la terre est un facteur qui limite le développement et la mise en oeuvre d'applications opérationnelles et soutenues de telles données satellitaires de haute résolution dans la plupart des pays africains. Ce problème est aggravé par les politiques actuelles de fixation des prix des données par les principales organisations exploitant les satellites qui empêchent l'acquisition et l'utilisation des données en dehors de projets spéciaux financés par les bailleurs de fonds;
- j) Le développement actuel des communications par satellite en Afrique, et en particulier le projet ESA/FAO/DIANA, revêt un grand intérêt et peut permettre d'améliorer considérablement la coopération régionale et interrégionale en matière d'utilisation opérationnelle de la télédétection, d'éducation et de formation et d'échange de données et d'informations.

V. Conclusions et Recommandations

100. A la suite des débats et de l'analyse des observations mentionnées plus haut, les participants ont, à leur dernière séance, proposé et adopté les conclusions et recommandations ci-après :

- a) Les gouvernements africains et les institutions d'aide multilatérale et bilatérale devraient considérablement augmenter leur financement en vue de l'incorporation de la télédétection et des SIG au processus de planification et de développement aux niveaux national et régional;
- b) Les responsables des applications de la télédétection et des SIG à la gestion des ressources et de l'environnement devraient prendre l'initiative de sensibiliser les décideurs au plus haut niveau de l'Etat et des organisations régionales. Ces initiatives devraient bénéficier de l'appui des institutions d'assistance technique multilatérales et bilatérales;
- c) Il est instamment recommandé que la CEA organise, en collaboration avec d'autres institutions des Nations Unies, une réunion de suivi visant à informer les gouvernements, au niveau ministériel, des sujets traités par les ateliers. Il est en outre recommandé d'organiser à l'avenir plus régulièrement des ateliers de ce type. Par ailleurs, des spécialistes africains devraient participer plus activement à ces réunions;
- d) Chaque pays devrait désigner une institution ou organisation pour coordonner et soutenir le développement des bases de données de SIG au niveau national et pour assurer la coordination entre celles-ci et les bases de données internationales;
- e) La formulation de principes directeurs pour l'établissement de base de données de télédétection et des SIG devrait être encouragée afin notamment d'éviter la collecte de données insuffisantes que pourrait entraîner la prolifération de ce type de base de données. Il est recommandé que la CEA convoque une réunion d'experts pour étudier les méthodes de formulation de ces principes directeurs;
- f) Les pays membres devraient honorer leurs obligations financières envers les centres régionaux afin de permettre à ceux-ci de réaliser les objectifs pour lesquels ils ont été créés. En outre, les institutions financières bilatérales et multilatérales sont instamment invitées à continuer de fournir une assistance technique et financière aux centres régionaux, notamment

en exécutant des programmes conjoints en appui aux projets nationaux. Il est particulièrement recommandé que le Centre régional de Ouagadougou bénéficie d'une assistance lui permettant d'atteindre le niveau des deux autres centres similaires;

- g) Les institutions financières bilatérales et multilatérales devraient soutenir les initiatives et les propositions des centres régionaux visant à mettre en place des structures de réception et de traitement des données de satellite de haute résolution en Afrique. Par ailleurs, le projet concernant la station réceptrice au sol de Nairobi devrait être exécuté sans délai;
- h) Les centres régionaux supplémentaires proposés tels que le Centre régional africain des sciences et des techniques spatiales devraient être créés en collaboration avec les centres existants. Ces efforts devraient être coordonnés par la CEA afin d'éviter tout double emploi;
- i) Les institutions des Nations Unies devraient profiter de la technologie des satellites de communication actuellement mise au point en Afrique pour améliorer les données et les services d'information fournis par les centres internationaux et régionaux d'acquisition et de traitement des données, le but étant à terme de transmettre à temps ces données et informations aux pays africains. A cet égard, il est recommandé que la FAO prenne les mesures nécessaires au niveau de ses organes de décision pour assurer la continuité des services du système ARTEMIS en Afrique. Une collaboration plus étroite avec l'Organisation météorologique mondiale devrait être envisagée;
- j) La CEA devrait porter ces recommandations à l'attention des gouvernements des Etats membres, des organisations régionales et des chefs de secrétariat des organes et organismes des Nations Unies concernés.

VI. Clôture de l'Atelier

- 101.** La dernière séance plénière a été consacrée à un débat sur les observations faites après chaque séance, qui étaient recueillies par le Comité de rédaction, ainsi que sur les conclusions et les recommandations finales de l'atelier.

- 102.** La séance de clôture a eu lieu immédiatement après le dernier débat en groupe. Pendant la cérémonie, des certificats de présence ont été remis à tous les participants puis l'atelier a été déclaré clos.

Annexe I

Atelier Régional sur la Télédétection et les Systèmes d'Information Géographique à l'Intention des Décideurs Africains

Siège du PNUE, Nairobi (Kenya)

26 - 31 août 1991

Programme

lundi 26 août 1991

9 heures **Inscription**

10 heures **Pause café**

10 h 30 **Première séance : Président -M. P.N. Mwanza, Chef de la
Division des ressources naturelles de la CEA**

Allocutions d'ouverture

CEA : **M. P.N. Mwanza**

ONU : **M. R. Chipman**

FAO : **M. H.L. Norton**

UNITAR : **M. N. Norton-Griffiths**

11 h 30 **Questions et besoins d'information
dans l'exploitation des ressources
naturelles et le suivi de**

**l'environnement aux niveaux
régional et national en Afrique**

MM. P.N. Mwanza et O. Nino (CEA)

12 h 15

Débat

12 h 30

Déjeuner

14 h 30

**Deuxième séance : Président - M. O.
Nino (CEA)**

**Technologie de télédétection et des
systèmes d'information
géographique visant à l'exploitation
des ressources naturelles et au suivi
de l'environnement M. J.R.G
Townshend (Université de
Maryland)**

15 h 15

**Le rôle des satellites de
communication dans l'évaluation
des ressources naturelles et le suivi
de l'environnement**

M.S. Hanell (ASE)

16 h 15

Pause café

16 h 30

Débat

17 h 15

Organisation de l'atelier

M. A Gulaid (CEA)

Mardi 27 août 1991

9 h 30

**Troisième séance : Président - M. P.N.
Mwanza (CEA)**

Aperçu et coordination de la télédétection et des systèmes d'information géographique au sein du système des Nations Unies

M. R. Chipman (ONU)

10 heures

Programme de la Banque mondiale sur les systèmes d'information environnementale en Afrique subsaharienne

M. G. Slade (Banque mondiale)

10 h 30

Programme de l'Observatoire du Sahara et du Sahel : objectifs et activités

M. G. Neuville (OSS)

11 heures

Pause café

11 h 30

Le Programme GEMS/UNITAR pour l'Afrique

M. Norton-Griffiths (UNITAR)

12 heures

Débat

12 h 30

Déjeuner

14 h 30

Quatrième séance : Président - M. J.R. Milford

(Université de Reading)

Surveillance de l'environnement par satellite opérationnel pour la sécurité alimentaire et la lutte contre les criquets en Afrique

M. J.U. Hielkema (FAO)

15 heures

Activités de télédétection au sein du système d'alerte précoce pour l'Afrique orientale

**M. B.L. Henricksen
(FAO/IGADD/RCSSMRS)**

15 h 30

Débat

16 heures

Pause café

16 h 30

Suivi des cultures et estimation des rendements au Burkina Faso à l'aide de l'indice de végétation

Mme S.M.E. Groten (ITC)

17 heures

Débat

Mercredi 28 août 1991

9 h 30

Cinquième séance : Président - M. G. Neuville

Télédétection et applications du SIG à la sylviculture et à l'exploitation des parcours

M. U. Hellden (Université de Lund)

10 heures

Télédétection et applications du SIG à la pêche

M. J.M. Kapetsky (FAO)

10 h 30

Télédétection et applications du SIG aux ressources en eau

M. J. Lavraux (Unesco)

12 heures

Débat

12 h 30

Déjeuner

**14 heures-15 heures
et 16 heures - 17 h 30**

**Visite aux installations UNEP/GRID
pour des démonstrations pratiques
concernant les bases de données du
SIG aux niveaux régional et national**

M. N. Fernandez (UNEP/GRID)

**Visite au RCSSMRS pour des
démonstrations pratiques
concernant les installations et des
activités de projets spécifiques**

**M. Luka Isavwa, M. B.L. Henricksen,
M. G. Neuville
(RCSSMRS/FAO/FTA)**

NOTE : Les participants seront divisés en deux groupes. Le bus à destination du RCSSMRS partira du PNUE à 14 heures et à 15 h 30

Judi 29 août 1991

Journée d'excursion à l'escarpement de Kikuyu dans la grande fosse de l'Afrique de l'Est, au Lac Naivasha et au fond de la fosse pour la démonstration pratique des applications de la télédétection et du SIG

Mme M. Cheatle (UNITAR) - (cf. notes en annexe)

Vendredi 30 août 1991

9 h 30

**Sixième séance : Président - M. M.
Norton-Griffiths (UNITAR)**

**Structures et activités de formation
dans le domaine de la télédétection
et des SIG en Afrique**

M. A. Gulaid (CEA)

9 h 45

**Le rôle du RCSSMRS en Afrique de
l'Est et en Afrique australe**

M. Luka Isavwa (RCSSMRS)

10 h 15

**Centre régional de formation aux
techniques de levés aériens**

M. J. Ogunlami (Unesco)

10 h 30

**Programme d'appui technique aux
systèmes nationaux d'information
sur l'environnement**

M. M. Norton-Griffiths (UNITAR)

11 heures

Pause café

11 h 30

**Transfert de connaissances
techniques en télédétection et en
SIG aux géologues d'Afrique dans le
cadre du programme "GARS" de
l'Unesco**

M. J. Lavreau (Unesco)

12 heures

Débat

12 h 30

Déjeuner

14 h 30

**Septième séance : Président - M.
Asfaw Fanta (RCSSMRS)**

Aspects d'exploitation de la télédétection et du SIG dans les programmes d'estimation des ressources naturelles

M. D.K. Andere/M. J.L. Agatsiva (DRSRS)

15 heures

Expérience du programme AGRHYMET en matière de télédétection et de SIG

M. I. Alfari, H. Kontongombe (AGRHYMET)

15 h 30

Débat

16 heures

Pause café

16 h 30

Séance ouverte sur les conclusions et recommandations de l'atelier

17 h 30

Clôture de l'atelier



Excursion

A l'escarpement de Kikuyu Dans la Grande Fosse de L'Afrique De L'est,

Au Lac Naivasha et au Fond de la Grande Fosse

jeudi 29 Aout 1991

Justification de l'excursion

La région choisie est d'un grand intérêt géographique et d'une grande diversité. Cette région est aussi idéale pour la démonstration des principes entrant dans l'interprétation sur le terrain des images de satellite, la gamme d'informations pouvant être incluses dans un ensemble de données du SIG pour une zone donnée et certaines méthodes d'application du SIG.

Tous ces aspects de la télédétection et du SIG seront traités pendant l'excursion afin que les participants puissent établir un rapport entre les aspects théoriques présentés au cours de la semaine et la pratique. En outre, les participants recevront une image de satellite et des matériaux pour qu'ils puissent :

- Comparer les images de satellite à la configuration du sol et aux cartes, et évaluer l'information donnée par chaque image;
- Comparer les images obtenues par différents satellites et systèmes capteurs, à des résolutions différentes;
- Etudier de près des produits qui ont été créés au moyen d'IDRISI sur une base de données SIG concernant la région.

Brève présentation de l'itinéraire

Nous partirons de Nairobi sur la route C62, qui suit la ligne de partage des eaux entre les affluents du Fleuve Nairobi à une altitude d'environ 2280 m au-dessus du niveau de la mer, près de la petite ville montagnaise de Limuru (pop. 16000). En cours de route, nous traverserons une région de petites exploitations agricoles intensives où les exploitations deviennent industrielles à une altitude plus élevée. Le changement d'altitude coïncide avec la transition climatique, le climat devenant plus frais et plus pluvieux à l'approche de Limuru.

Au Sud-Ouest de Limuru, nous emprunterons la route principale A104 qui se dirige vers le Nord. Nous continuerons jusqu'au sommet de l'Escarpement de Kikuyu et notre premier arrêt sera en face de la fosse, à une altitude d'environ 2 400 m. De cet endroit, nous pourrions apprécier la topographie frappante de la grande fosse orientale, la complexité et la variété de la couverture végétale et l'utilisation du terrain associée à cet escarpement, ainsi que la preuve de changements récents dus aux activités de l'homme dans cette région.

Au Nord de la route A104, parallèle à l'extrémité de la grande fosse, nous traverserons l'une des grandes régions du Kenya où l'on trouve des plantations de bois tendres exotiques et des usines forestières avant d'atteindre les prairies vallonnées du Plateau de Kinangop. De là, nous descendrons vers la région semi-aride de la grande fosse, traditionnellement une région de pâturage ouvert pour les herbivores sauvages et le bétail des Maasai.

Une fois que nous aurons atteint le fond de la grande fosse, nous quitterons la route A104 et nous conduirons à travers la ville de Naivasha (pop 34 500) où, nous entamerons la route vers le rivage sud du lac. Nous déjeunerons dans un des hôtels qui se trouvent au bord du lac.

Le Lac Naivasha est le lac le plus élevé dans la chaîne des petits lacs jalonnant le fond de la fosse; toutefois, ce qui le distingue de tous les autres, à l'exception du Lac Baringo, c'est qu'il contient de l'eau douce. Auparavant, le niveau du lac était beaucoup plus élevé et le lac avait une issue à travers Hell's Gate au sud. Actuellement, il n'y a ni échappement en surface ni issue souterraine connue. L'île Crescent, qui se voit bien du vieux volcan, entoure la partie la plus profonde du lac. Le Lac Naivasha est apprécié par les touristes qui y vont pour faire du bateau, pour la pêche et pour l'observation des oiseaux. Il existe aussi dans cette région des exploitations agricoles d'une grande puissance économique qui bénéficient du sol fécond volcanique et de l'abondance d'eau pour l'irrigation. Ces exploitations produisent notamment des fleurs, des légumes de grande valeur et des fines herbes pour l'exportation et le marché intérieur. Les utilisateurs du lac connaissent quelques problèmes actuellement à cause de la récente baisse grave du niveau du lac et de l'invasion de la mauvaise herbe *Salvinia*.

Après le déjeuner, nous reprendrons l'ancienne route A104 qui est parallèle au chemin de fer vers le pied de l'escarpement, entre Kijabe Hill et le Mont Longonot. Récemment, la région autour de cette montagne est devenue un parc national. La bordure du volcan atteint 2 777 m et il y a un cratère profond d'environ 2 km de largeur. Des écoulements de lave d'âges différents sont très visibles sur le terrain et sur les images prises par satellite. L'activité volcanique récente est limitée à quelques prises de vapeur.

Au Sud-Est de Longonot, nous tournerons à droite sur la route de Narok B3 jusqu'à la station réceptrice. Cette partie de l'excursion nous permettra de regarder de près

l'avancée récente de l'activité agricole sur le fond de la fosse et le bord de l'écoulement de lave récent de Longonot. Enfin, nous reprendrons la route A104 vers Nairobi en passant par l'escarpement de Kijabe.

ANNEX II

UN/ECA/FAO/UNITAR/UNEP/RCSSMRS

Regional Workshop on Remote Sensing and Geographic Information Systems for African Decision-Makers - Atelier Regional sur la Teledetection et les Systemes d'Information Geographique pour les Decideurs Africains

26 August - 30 August 1991; Nairobi, Kenya

LIST OF PARTICIPANTS - LISTE DES PARTICIPANTS

DELEGATES FROM MEMBER STATES DELEGUES DES ETATS MEMBRES

ALGERIA/ALGERIE

Mr. Y. SMARA, Univesitaire (L.T.I.) USTHB-Institut d'Electronique, B.P. 32 El-Alia Bab Ezzouar, Alger, Algeria

ANGOLA

Mr. J. de D. ANDRADE, Director Technico, Direccao Nacional do Instituto de Geodesia e Cartografia de Angola, P.O.Box 1206-C, Telex: 4058, Telephone: 339630, LUANDA - R.P.A.

BOTSWANA

Mr. T. D. MAFOKO, Soil Surveyor, Ministry of Agriculture Land Use Division, P. Bag 003, Telex: 2543 VET BD, Fax: 356027, Telephone 350673, Gaborone

Ms. P.O. DUBE, Lecturer, University of Botswana, P.Bag 0022, Fax 356591, Telephone: 351151, Gaborone, Botswana

BURKINA FASO

Mr. B. P. LOHOUARA, Dir. Gen. de l'Institut Geographique du Burkina (IGB), Ministere de l'Equipement, I.G.B 03 BP 7054 Ouagadougou 03, Burkina Faso, Telex: 5555 SEGEGOUV, Ouagadougou

BURUNDI

Mr. L. NDORIMANA, Director-General, IGBU B.P. 331, c/o Ministere de l'Amenagement, Tourisme et Environnement, Telex: 5027 OMM BDI, Fax: 257 222990, Bujumbura

CAMEROON/CAMEROUH

Dr. Mamert B. E. BOGNIS, Chef de Division des Travaux Geographiques, Direction de L'Amenagement du Territoire et de L'Environnement Ministere du Plan et de L'Amenagement du Territoire, Yaounde

CHAD/TCHAD

Mr. A. ABBA-KAKA, Geologist, Ministry of Mines, Energy & Water Resources, Direction de Recherches Geologiques et Minières, B.P.816, Telex: 5248KD/5244KD, Fax: 235-515884/516330, N'Djamena

EGYPT/EGYPTE

Mr. Ibrahim M. SHALABY, Director General of Expl. Department, Egyptian Geological Survey, 3 Salah Salem Street, Abbasiya, Cairo

GUINEA/GUINEE

Mme. I. CAMARA, Chef de la Division Information, Education et Droit de l'Environnement, Ministere des Ressources Naturelles et Environnement, Direction Nationale de l'Environnement (DNE), BP: 3118 CONAKRY, Telex: 22350 MNGEO/GE, Conakry

KENYA

Mr. W.J. ABSALOMS, Director of Surveys, Survey of Kenya, P.O.Box 30046, Telephone: 718050, Nairobi

Dr. J. NDOMBI, Jomo Kenyatta University, College of Agriculture and Technology, P.O. Box 62000, Nairobi, Kenya

Prof. R.S. ODINGO, Professor, P.O.Box 30197, Telephone: 334244, Nairobi, Kenya

MALAWI

Mr. A.F. TAMBALA, Commissioner for Surveys, Department of Surveys, P.O.Box 349 Blantyre, Telefax: 634034, Telephone: 623165, Blantyre,

MAURITIUS/ILE MAURICE

Mr. J. S. Ho-MAN CHEONG, Deputy Chief Surveyor, Survey Division, Ministry of Environment and Land Use, Edith Cavell Street, Telephone: 212 5565, Fax: (230) 212 6671, Port Louis

NIGER

Mr. Ibrahim KANTA, Dir. des Ressources en EAU, Mtry of Hydraulics and Environment, Directeur des Ressources en E AU, B. P. 257, Telex: 5509 MIHENVIR, Niamey

NIGERIA

Prof. M.O. OGEDENGBE, Professor of Civil Engineering, Obafemi Awolowo University, Department of Civil Engineering, Telephone: (036) 2333388, Telex: 34262 RECTAS NG, Ile-Ife, Nigeria

Chief, F. OLUJOHUNGBE, (Consultant) Director, School of Environmental Studies, Ondo State Polytechnic, OWO, Oyo P.O.Box 2940, Akure, Nigeria

SIERRA LEONE

Mr. Joseph L. MUANA, Senior Town Planning Officer and Head, Environmental Protection Section, Ministry of Lands, Housing and the Environment, Tel: 40638, Freetown

SUDAN/SOUDAN

Mr. I. H. EL AMIN, Director - Council for Scientific and Technological Research, National Council for Research, P.O. Box 2404, Khartoum

Mr. ABDULLAHI MOHD-OMER, Director General, Sudan Survey Department, P.O. Box 306, Telephone: 71659 Khartoum

SWAZILAND

Mr. A.B. N. MHLANGA, Surveyor General, Surveyors General's Office, P.O.Box 58, Telex: 2301WD, Fax: 42436, Telephone: 42321, Mbabane

ZAMBIA/ZAMBIE

Mr. C. MULENGA, Deputy Permanent Secretary, Ministry of Water Lands and Natural Resources, P.O. Box 50694, telex: 40093, Lusaka

Mr. M. C. CHITONDO, Departmental Training Officer, Survey Department, P.O. Box 50397, Lusaka

ZIMBABWE

Mr. F. T. CHUNGA, Surveyor General, Department of The Surveyor- General., P. O. Box 8099, Causeway, Cable: TRIPOD Harare, Fax: 010-2634-728380, Telephone: 794545,

AFRICAN INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATIONS ORGANIZATIONS INTERGOUVERNEMENTALES AFRICAINES

AGRHYMET/CILSS

Mr. I. ALFARI, Regional Centre for Training and Operational Agrometeorology, and Hydrology (AGRHYMET), Telegramme: AGRHYMET NIAMEY, Telex: 5448NI, Fax: 73-24-35, Niamey, Niger

Mr. H. KONTONGOMDE, Regional Centre for Training and Operational Agrometeorology and Hydrology (AGRHYMET), Telegramme: AGRHYMET NIAMEY, Telex: 5448NI, Fax: 73-24-35, Niamey, Niger

CRTO

Mr. M. S. CAMARA, Director General, Centre Regional de Teledetection (CRTO), 01 B.P. 1762, Telex: CRETED

3322 01. Telephone: 300912/300199, Ouagadougou 01, Burkina Faso

ESAMRDC

Mr. J. E. N. KAGULE-MAGAMBO, Director General, Eastern and Southern African Mineral Resources Development Centre (ESAMRDC), P.O. Box 1250, Telephone: 20364, Telex: 53324, Fax: 22750 Cable: 255 01, Dodoma, Tanzania

IGADD

Mr. M. AWALE, Director of Operations, Inter-Governmental Authority on Drought and Development (IGADD), P. O. Box 2653, Telex: 5978 DJ, Fax: 356284, Telephone: 364050, Djibouti,

RECTAS

Mr. J.A. OGUNLAMI, Director, Regional Centre for Training in Aerospace Surveys (RECTAS), P.M.B. 5545, Cable: AEROCENTRE IFE NIGERIA, Telex: 34282 Rectas NG, Telephone: 036-0230050, Ile-Ife, Nigeria,

RCSSMRS

Mr. A. FANTA, Director General, Regional Centre for Services in Surveying, Mapping and Remote Sensing (RCSSMRS), P.O.Box 18118, Telex: 25285 KEREKS KE, Fax: 254-2-802767, Telephone: 803320-9, Nairobi, Kenya

Mr. L. ISAWWA, Director Remote Sensing, RCSSMRS, P.O. Box 18118, Nairobi, Kenya

Mr. G. NEUVILLE, Regional Remote Sensing Advisor, RCSSMRS/FRENCH COOPERATION, P.O. Box 18118, Nairobi, Kenya,

Mr. K. W. OTTICHILO, Remote Sensing Officer, FAO/RCSSMRS/IGADD Project, P.O. Box 18118, Nairobi, Kenya,

Prof. S.L.P. NDYETABULA, Director of Technical Coordination, P.O. Box 18118, Nairobi, Kenya

Mr. J. BARAZA, Applications Specialist, RCSSMRS, P.O. Box 18118, Nairobi, Kenya

SADCC

Mr. P. BOSSE, Southern African Development, Coordination Unit (SADCC), P.O. Box 31969, Lusaka, Zambia

Mr. B.S. KUMWENDA, Principal Geologist, SADCC, P.O. Box 31969, Lusaka, Zambia

UN AGENCIES

FAO

Mr. B. L. HENRICKSEN, Team Leader, FAO/IGADD
Project GCPS/RAF/231/JPN, RCSSMRS P.O. Box 30470,
Telephone: 803856, Nairobi, Kenya,

Mr. J. U. HIELKEMA, Senior Remote Sensing Officer,
FAO, Rome 00100, Italy, Telephone: 0039-6-57975589,
Fax: 0039-6-5797312

Mr. H. L. NORTON, FAO Representative, P.O. Box
30470, Nairobi, Kenya

UNECA

Dr. P. N. MWANZA, Chief, Natural Resources Division,
UNECA, P.O. Box 3001, Addis Ababa, Ethiopia

Mr. O. NINO-FLUCK, Chief, Cartography and Remote
Sensing Unit, Natural Resources Division, UNECA, P.O. Box
3001, Telephone: 251-1-510275, Addis Ababa, Ethiopia

Mr. A. A. GULAI, Remote Sensing Officer, Natural
Resources Division, UNECA, P.O. Box 3001, Addis Ababa,
Ethiopia

UNEP

Mr. N. FERNANDEZ, GRID Facility Manager, UNEP, P.O.
Box 47074, Nairobi, Kenya.

UNESCO

Dr. J. LAVREAU, Head, Laboratory, 13W. Princes
Brabaucons, 1170 Brussels, Belgium

UN/OSAD

Mr. R. CHIPMAN, Chief, Committee Services and
Research, Outer Space Affairs Division (OSAD), Room
3260, United Nations, NY 10017, Telephone: (212) 963
5504, Fax: (212) 963 7998, Telex: 177642 UNHQ, USA

Ms. Y. MURAKAMI, Associate Political Affairs Officer, S-
3260J Outer Space Affairs Division, United Nations, New
York, USA

UNITAR

Mr. M. NORTON-GRIFFITHS, Coordinator, GEMS/UNITAR
Africa Programme, Nairobi, Kenya

UNSO

Ms. S. DROUILH, Chief, Regional Office for Eastern
Africa, UNSO, P.O. Box 47074, Nairobi, Kenya,

Ms. R. NOHRLIND, Programme Officer, Regional Office for
Eastern Africa, UNSO, P.O. Box 47074, Nairobi, Kenya

RESOURCE PERSONS

Mr. J. E. AGNISIVA, Senior Ecologist, Department of
Resource Surveys and Remote Sensing, P.O. Box 47146,
Nairobi, Kenya

Mr. R. CHIPMAN, Chief, Committee Services and
Research, Outer Space Division (OSAD), Room 3260,
United Nations, NY 10017, Telephone: (212) 963 5504,
Fax: (212) 963 7998, Telex: 177642 UNHQ, USA

Dr. S.M.E. GROTEN, Department of Land Resources and
Urban Sciences, ITC (International Institute for Aerospace),
Surveys and Earth Sciences), P. O. Box. 6, Enschede,
Telephone: (0)53 874444, Netherlands

Mr. A. GULAI, Remote Sensing Officer, Natural Resources
Division, UNECA, P.O. Box 3001, Addis Ababa, Ethiopia

Mr. S. HANEL, Mission Manager, European Space
Agency, 8-10 Rue Mario - Nikis - 75015, Paris, France

Prof. U. HELLDEN, Department of Geography, University
of Lund, Solveg 13, S22362 LUND, Fax: 004646 143859,
Telephone: 004646 108296, Sweden

Mr. B. L. HENRICKSEN, Team Leader FAO/IGADD Project
GCPS/RAF/ 231/JPN, RCSSMRS, P.O. Box 18118,
Nairobi (Kenya),

Mr. J. U. HIELKEMA, Senior Remote Sensing Officer,
FAO, Remote Sensing Centre, FAO Headquarters,
Rome 00100, Italy, Telephone: 0939-6-57975589, Fax:
0939-6-57973152

Mr. L. ISAVVA, Director Remote Sensing, RCSSMRS,
P.O. Box 18118, Nairobi, Kenya

Dr. J. KAPETSKY, Senior Fishery Resources Officer (FIR),
Fax: 396-512-0330, Telephone: 396-5797-6646, FAO,
00100 Rome, Italy,

Dr. J. LAVREAU, Head, Laboratory, 13W. Princes
Brabaucons, 1170 Brussels, Belgium

Dr. J. R. MILFORD, University of Reading, Department of
Meteorology, 2 EARLEY GATE, READING, RG6 2AU
U.K.

Dr. P. N. MWANZA, UNECA, P.O. Box 3001, Addis
Ababa, Ethiopia

Mr. G. NEUVILLE, French Technical Adviser, Cooperation
Française, RCSSMRS, P.O. Box 18118, Telephone:
802421, Nairobi, Kenya

Mr. O. NINO-FLUCK, Chief, Cartography and Remote Sensing Unit, Natural Resources Division, UNECA, P.O. Box 3001, Addis Ababa, Ethiopia

Dr. M. NORTON-GRIFFITHS, Programme Coordinator, GEMS/UNITAR Africa Programme, United Nations Environment Programme (UNEP), P.O. Box 30552, Telephone: (2542) - 333930 Ext. 4161, Fax: (2542) - 520281, Nairobi, Kenya

Mr. GRANT SLADE, Principal Projects Officer - Environment, AFTEN - WORLD BANK, Room J2-123, 1818 H. St. NW, Washington, D.C. 20433, USA

Prof. J. R. G. TOWNSHEND, University of Maryland, Department of Geography, College Park, Maryland, USA

OBSERVERS

Mr. A. ANIWUMI, Associate Programme Officer, Telephone: 333930 EXT. 4119, UNEP GIGIRI, Nairobi, Kenya

Ms. ANDREANE PERRIER DE LA BATHIE, GEMS Consultant, UNEP, Nairobi, Kenya

Mr. T. BAYER, Geosystems, Riesstr. 10, D-8034, Germany

Mr. DEJENE WOLDEMARIAM, Asst. Prof. and Head, Research & Development Services, Arba Minch Water Technology Institute, P.O. Box 29, Arba Minch, Ethiopia

Mr. L. EKLUNDH, UNEP/GRID, P.O. Box 30552, Telephone: 333930, Nairobi, Kenya

Mr. J. LYNAM, Senior Scientist, Rockefeller Foundation, P.O. Box 47543, Nairobi, Kenya

Mr. M. MENDOZA, Programme Officer, UNEP, P.O. Box 30552, Nairobi, Kenya