Distr.: LIMITEE

E/ECA/NRD/CART/175
15 février 1993

FRANCAIS
Original : ANGLAIS

NATIONS UNIES

CONSEIL ECONOMIQUE ET SOCIAL

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'AFRIQUE

Huitième Conférence cartographique régionale
des Nations Unies pour l'Afrique

Addis-Abeba (Ethiopie)
22-27 février 1993

TELEDETECTION ET SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE : APPLICATIONS A LA MISE EN VALEUR DES RESSOURCES NATURELLES ET A LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT EN AFRIQUE

I. INTRODUCTION

1. L'Afrique est le deuxième continent en étendue couvrant environ 20 % de la surface de la Terre, et elle dispose d'un large éventail de ressources naturelles dont la prospection, l'exploitation et l'utilisation rationnelles pourraient considérablement améliorer sa situation socio-économique. La majorité des pays africains sont toujours tributaires des recettes provenant de l'exportation de produits d'origine animale, agricole et minérale qui sont presque tous des produits primaires. Ces ressources sont toutes directement liées au milieu naturel.

2. De nos jours, dans la plupart des zones arides et semi-arides du continent, il existe une pression formidable sur les terres productives par suite du rapide accroissement général de la population humaine et animale, d'où un besoin croissant d'alimentation, d'énergie, d'habitat en plus des recettes d'exportation. De surcroît, les sécheresses répétées et les conflits armés internes ont exacerbé la crise. Ces problèmes sont compliqués par d'autres facteurs externes tels que l'effondrement des marchés de produits primaires, la détérioration des termes de l'échange, la réduction des apports de capitaux et l'énorme dette extérieure et son lourd service.

3. Les solutions aux problèmes posés par l'environnement et les ressources naturelles en Afrique sont complexes et ont des liens directs avec la crise socio-économique qui sévit dans la région. Les mesures à court terme comme les secours alimentaires d'urgence ne peuvent que temporairement alléger la crise. Aussi pour faire face à cette crise dans le continent, il faut que les stratégies et programmes de développement s'attaquent simultanément aux problèmes à court terme et aux problèmes fondamentaux ainsi qu'à leurs causes profondes.

4. Compte tenu des problèmes communs que les Etats membres rencontrent, l'Organisation de l'unité africaine (OUA) a proposé le Plan d'action de Lagos en 1980 [1] et la Commission économique pour l'Afrique a élaboré le Cadre africain de référence pour les programmes d'ajustement structurel en vue du redressement et de la transformation socio-économiques (CARPAS) [2] qui a été considéré comme un instrument pouvant énormément contribuer à opérer un ajustement économique réel et à assurer le développement à long terme de l'Afrique, en particulier après la décennie perdue des années 80. Le programme figurant dans le Cadre a été adopté en avril 1989 à la réunion commune des ministres africains de la planification et des finances, et ultérieurement par les chefs d'Etat et de gouvernement africains en juillet 1989 lors de la réunion au sommet de l'Organisation de l'unité africaine.

5. Les stratégies de développement telles que le renforcement de la base scientifique et technologique, l'amélioration des capacités en matière de ressources humaines et l'instauration d'un environnement propice au développement durable ont été soulignées avec force dans les deux documents.

6. En outre, en tant que contribution à la préparation de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED) qui a eu lieu à Rio de Janeiro du 3 au 14 juin 1992, les pays membres de la CEA ont conçu un document, la Position commune africaine sur le Programme africain pour l'environnement et le développement, qui a été incorporé dans l'Agenda 21 et adopté plus tard par le Sommet de la Terre lors de la CNUED. Le Programme africain pour l'environnement et le développement comprend "les stratégies, plans d'action prioritaire et mécanismes de négociation que l'Afrique mettra en

---

[1] "Plan d'action de Lagos pour le développement économique de l'Afrique, 1980-2000", Organisation de l'unité africaine (OUA), Addis-Abeba (Ethiopie) 1981.

[2] Cadre africain de référence pour les programmes d'ajustement structurel en vue du redressement et de la transformation socio-économiques. Etude de quelques moyens d'intervention

oeuvre pour assurer un développement durable et écologiquement rationnel aux niveaux national et régional, contribuant ainsi à la réalisation d'un développement durable à l'échelle mondiale"[3].

7. L'exploitation et l'utilisation rationnelles des ressources naturelles ainsi que la conservation de l'environnement nécessitent une gestion judicieuse, une technologie appropriée ainsi que les qualifications et l'expérience requises. Des informations fiables permettant d'évaluer l'étendue et le volume des ressources disponibles constituent donc un préalable. La technologie de la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) se sont avérés de puissants instruments pouvant considérablement contribuer à la mise en valeur des ressources naturelles et à la gestion de l'environnement.

8. Le présent document a pour but d'engager des discussions sur la contribution de la télédétection et des SIG au processus de développement en Afrique, l'accent étant mis en particulier sur les ressources naturelles et l'environnement. A cet égard, certains des programmes actuels de télédétection seront examinés et analysés, les organismes de télédétection seront étudiés aux niveaux national, sous-régional et régional et les projets de développement ayant un volet "télédétection" seront mis en lumière.

II. EVOLUTION A L'ECHELLE MONDIALE EN MATIERE DE TELEDETECTION ET DE SIG

9. Les progrès accomplis dans le domaine de la technologie au cours des 30 années passées ont ouvert de nouvelles possibilités pour le traitement spatial des données relatives à l'environnement afin de fournir d'utiles informations pour la gestion des ressources naturelles et de l'environnement. Certains des progrès technologiques les plus importants ont trait aux télécommunications, aux systèmes informatiques, à la télédétection et aux systèmes d'information géographique.

A. Télédétection

10. La technologie de la télédétection et ses applications à la gestion des ressources naturelles et à la surveillance de l'environnement sont opérationnelles au niveau mondial. Des méthodes et techniques ont été mises au point pour tirer des photographies aériennes et des données provenant des images par satellite les informations nécessaires pour les divers domaines d'application tels que l'agriculture, la prospection des ressources minérales, la mise en valeur des ressources en eau et la gestion de l'environnement, pour ne citer que quelques-uns. Une vue d'ensemble permettant d'observer de vastes étendues de la surface de la Terre et les moyens d'obtenir à répétition des images de la même région permettent aux utilisateurs de produire des cartes de façon rentable et de surveiller périodiquement l'environnement. D'autres avantages de la technologie de la télédétection sont l'homogénéité des données et l'utilisation des mêmes données dans plusieurs secteurs.

11. Deux types de satellites opérationnels dans le domaine des applications de la télédétection sont les satellites météorologiques (METEOSAT, NOAA) (satellite exploité par la National Oceanographic and Atmospheric Administration des Etats-Unis) et les satellites d'observation de la Terre (LANDSAT, SPOT, ERS-1, etc) [4]. Les satellites météorologiques tels que METEOSAT et NOAA qui ont été mis sur orbite géostationnaire et polaire permettent la surveillance continue dans l'hémisphère des phénomènes météorologiques essentiels pour la prévision quotidienne et l'étude des changements climatiques et de leurs effets sur la société. Les informations tirées des images METEOSAT combinées avec les données provenant des stations météorologiques nationales permettent une prévision météorologique fiable. Les données du radiomètre avancé à très grand pouvoir de résolution (AVHRR) sont peu coûteuses, complètes et disponibles;

---

[3] "La Position commune africaine sur le Programme africain pour l'environnement et le développement", contribution de l'Afrique à l'Agenda 21 de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, Rio de Janeiro (Brésil), 3-14 juin 1992.

elles sont aussi précieuses pour la surveillance de l'état de la végétation, l'évaluation de l'environnement et la cartographie de vastes zones.

12. Les séries d'images du satellite d'observation de la Terre Landsat [5] ont donné les premières images multispectrales détaillées par détecteur à balayage de presque toute la surface de la Terre, ce qui a ouvert de nouveaux horizons pour les "géoscientifiques", les agronomes, les planificateurs, etc. La télédétection par satellite est largement acceptée comme instrument essentiel pour la cartographie des ressources naturelles. Les deuxième et troisième générations de satellites d'observation de la Terre, munis de capteurs comme le Landsat Thematic Mapper (TM), (Traceur de cartes thématiques LANDSAT), les séries SPOT et l'European Resources Satellite (ERS-1) donnent des images de grande résolution spatiale sur plusieurs longueurs d'onde. SPOT offre des effets stéréoscopiques qui permettent la mesure de l'élévation, laquelle est une condition essentielle pour les cartes topographiques de base. Les données de TM présentent l'avantage de répondre aux besoins de toute une gamme d'utilisateurs dans de multiples disciplines en raison du grand pouvoir de résolution spatiale du capteur auquel s'ajoute une amélioration de la sensibilité du radiomètre (longueur d'onde), tandis que le satellite ERS-1 offre la possibilité de fournir des données en hyperfréquences et permet ainsi l'enregistrement de données par temps nuageux.

13. A l'origine, les données spatiales obtenues par satellite étaient disponibles à des coûts raisonnables mais en raison de la commercialisation des produits spatiaux, les prix ont augmenté de façon spectaculaire, ce qui entrave sérieusement l'acquisition de ces données par la plupart des pays en développement. Néanmoins, la chute des prix du matériel informatique et du logiciel ainsi que la souplesse dans leur utilisation compensent en quelque sorte les effets néfastes susmentionnés. De plus, la variété des données disponibles sur le marché et la concurrence entre les différents propriétaires de produits joueront sur les prix et les services. Outre les pays industriels occidentaux, certains pays en développement comme le Japon, l'Inde, la Chine et le Brésil développent leur propre industrie spatiale et s'emploieraient à acquérir leur part de marché.

B. Systèmes d'information géographique

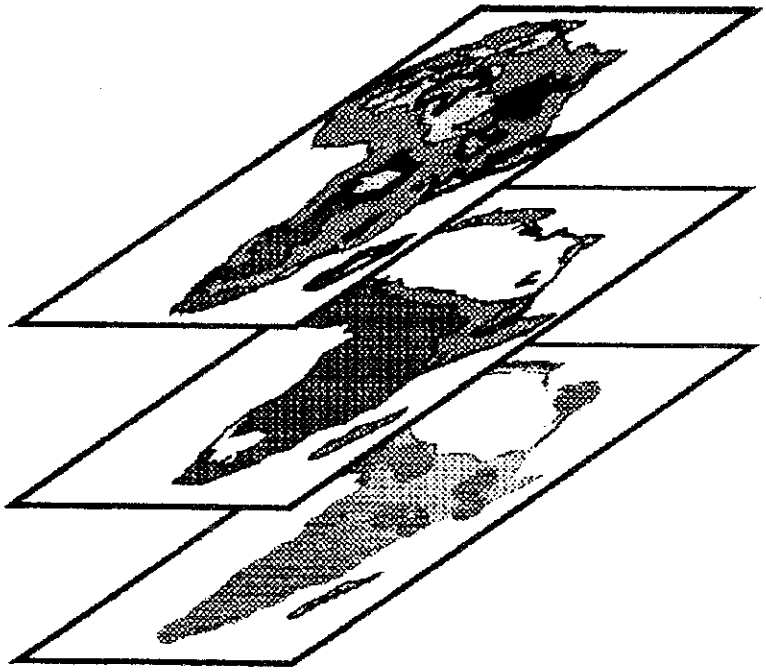
14. Les systèmes d'information géographique (SIG) sont un outil permettant entre autres d'exploiter les données recueillies par télédétection et pouvant contribuer au processus de planification et de développement. Ils consistent en diverses bases de données pouvant être combinées selon le souhait de l'utilisateur, à condition de disposer du matériel et du logiciel appropriés ainsi que des ressources humaines qualifiées nécessaires.

15. La base de données du système d'information géographique se compose de deux types de données : les données spatiales qui concernent l'emplacement, la forme et les relations entre les caractéristiques ou traits géographiques et les données descriptives ou par attributs qui portent sur des caractéristiques spécifiques apparaissant en divers emplacements spatiaux[6]. Les données descriptives peuvent inclure des informations sur les types de végétation, les classifications des sols, les noms de rue ou de district. En général, une carte thématique couvrant un sujet donné comme la géologie est une couche de SIG sous forme analogique. La numérisation d'une telle carte donne à l'information une forme exploitable par l'ordinateur et se prêtant à un traitement plus poussé (voir graphique ci-dessous).

---

[5] Landsat Data Users Handbook, U.S. Geological Survey, 1979.

[6] "Geographic Information Systems: an Overview" par Duane F. Marble dans Introductory



Graphique indiquant trois couches de cartes numérisées de l'Afrique en matière de géologie, de végétation et de population

16. Les systèmes d'information géographique actuellement disponibles peuvent se diviser en deux grandes catégories selon le mode de stockage des données : les données vectorielles et les données de trame. Le faible coût des ordinateurs individuels et des mini-ordinateurs ainsi que du logiciel d'application a considérablement agrandi le cercle des utilisateurs. En conséquence, les producteurs de cartes thématiques et de statistiques ont de plus en plus recours à la technologie des SIG, autant qu'aux données obtenues par télédétection et aux techniques connexes ainsi qu'à un nombre limité d'études sur le terrain.

17. Les principales fonctions de logiciel qu'un SIG peut en principe supporter sont entre autres les suivantes : l'entrée de données, l'analyse de données, la sortie et l'affichage de données, et la gestion de données. De même le matériel pour le SIG comprend divers dispositifs qui permettent des fonctions comme la saisie, le stockage, l'affichage et la recherche de données.

III. ACTIVITES EN MATIERE DE TELEDETECTION ET DE SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE EN AFRIQUE

18. Les institutions qui s'occupent de la télédétection et des systèmes d'information géographique en Afrique sont principalement des institutions publiques, des organisations internationales et quelques sociétés étrangères représentées dans la région. Ces dernières années, l'absence du secteur privé s'est cruellement fait sentir, en particulier pour ce qui est des services relatifs au matériel et au logiciel. Les activités concernant la télédétection et les systèmes d'information géographique dans la région sont nombreuses. En conséquence, seulement certains des principaux programmes et activités seront examinés dans les paragraphes suivants.

A. Programme africain de télédétection de la CEA

19. Le programme africain de télédétection de la CEA est un programme de coopération régionale établi pour mettre les techniques de télédétection à la disposition de l'ensemble des Etats membres de la CEA pour la mise en valeur des ressources et la surveillance efficace des modifications écologiques.

20. Le programme a été établi en 1975 par la Conférence des ministres de la CEA par suite de l'adoption de sa résolution 280 (XII) donnant suite aux recommandations d'un comité intergouvernemental d'experts sur la possibilité de mettre en place ledit programme.

21. Brièvement récapitulés, les objectifs du programme consistent à servir de mécanisme efficace pour l'application d'une politique de télédétection exhaustive pour ses Etats membres, à faire en sorte que l'ensemble des avantages de la technologie de la télédétection soient accessibles à tous les Etats membres pour ce qui est de toutes les questions ayant trait à la télédétection des ressources naturelles et à la gestion des services communs pouvant se révéler nécessaires pour la coordination, l'harmonisation et le développement des activités de télédétection dans les territoires des Etats membres. Le programme vise à mettre en place un réseau de coopération en matière d'activités de télédétection entre les pays de la région afin de leur permettre de mettre au point ou d'améliorer leurs capacités nationales.

22. Les activités prévues dans le cadre du programme sont les suivantes :

a) Création de divers organes tels que le Conseil africain de la télédétection et l'institution qui lui a succédé, à savoir l'Organisation africaine de cartographie et de télédétection (OACT);

b) Création de centres régionaux de télédétection afin de promouvoir le transfert de la technologie aux niveaux régional et sous-régional;

c) Fourniture d'une assistance aux utilisateurs dans les Etats membres qui en ont besoin;

d) Organisation de conférences, de réunions, de colloques, de séminaires et d'ateliers pour promouvoir l'échange de données d'expérience et d'informations;

e) Fourniture de conseils techniques aux centres sous-régionaux et nationaux, actuels comme futurs, devant servir d'organes nationaux de liaison;

f) Fourniture d'un soutien logistique et d'une assistance aux institutions mentionnées plus haut pour la mobilisation de ressources aux fins d'exécution du programme en vue de rendre plus utiles les applications des techniques de télédétection;

g) Implantation de stations réceptrices au sol et de stations de traitement pour la télédétection à Ouagadougou et à Nairobi;

h) Détermination et promotion de domaines de coopération internationale, régionale et nationale dans la recherche et l'exécution de projets et programmes qui déboucheront sur le transfert progressif de la technologie.

23. Un bref examen du programme africain de télédétection indiquera que les activités prévues, mentionnées à partir du point a) jusqu'au point f) ont été menées à bien. S'agissant du point g), la CEA a, par l'intermédiaire du programme, déployé des efforts pour favoriser l'implantation de stations réceptrices au sol et de stations de traitement pour la télédétection à Ouagadougou et à Nairobi au début des années 80. Aucun succès n'a été enregistré pour Ouagadougou tandis que de grands espoirs sont plutôt permis pour le cas de Nairobi dans lequel les négociations avec les pays et organismes donateurs potentiels sont à un stade avancé. Les principales contraintes à cet égard sont les coûts d'investissement relativement élevés qui avoisinent les 25 millions de dollars des Etats-Unis et les frais d'exploitation annuels se chiffrant à 4 millions de dollars pour Landsat, SPOT et ERS-1.

24. Cependant, plusieurs pays africains, comme l'Ethiopie, le Kenya, le Soudan et le Zimbabwe et un centre sous-régional, l'AGRYHMET ont, grâce à l'assistance technique bilatérale et multilatérale, acquis du matériel de réception des données provenant de satellites météorologiques telles que les images METEOSAT et NOAA/AVHRR. Ce type de station s'est révélé utile pour la réception dans les conditions météorologiques en temps réel et pour la détermination de la verdure de la végétation qui revêt de l'importance pour la surveillance de la sécheresse et l'alerte rapide pour les programmes de sécurité alimentaire. Le coût des investissements est de 50 000 dollars pour METEOSAT et oscille entre 100 000 et 200 000 dollars pour NOAA/AVHRR. Les opérations de réception et de traitement sont automatisées et aucune redevance n'est payée pour ce type de données. Il est donc escompté que davantage de pays et d'institutions sous-régionales suivront l'exemple. Ce recours aux stations réceptrices de données par satellite de surveillance de l'environnement réduira à coup sûr la possibilité d'obtenir des fonds pour implanter dans l'avenir l'autre type de stations réceptrices.

25. Au titre du point h), la CEA a lancé plusieurs programmes et projets dont certains ont été couronnés de succès. Des ateliers et séminaires régionaux ont été tenus en coopération avec d'autres organismes du système des Nations Unies comme l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche (UNITAR), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et la Division de l'espace extra-atmosphérique de l'Organisation des Nations Unies. En outre, la Commission n'a épargné aucun effort pour toucher les pays et organismes donateurs afin de s'assurer de l'exécution des projets par les centres régionaux. En témoigne éloquemment un projet actuel financé conjointement par la Communauté économique européenne (CEE), et le Gouvernement français, et mené par le RECTAS avec l'ITC comme agent d'exécution.

26. D'autres projets tels que le programme africain d'information en matière de télédétection[7] n'ont jamais démarré. Ce programme était conçu pour renforcer et accroître les moyens des centres de télédétection existants pour la collecte, le stockage, l'extraction et la diffusion des informations et des données de télédétection requises par les Etats membres, et aussi pour développer leurs moyens nationaux d'utiliser efficacement les informations en matière de télédétection aux fins de la planification du développement.

27. Le descriptif de projet a été élaboré conjointement avec des experts des trois centres régionaux de télédétection opérationnels de Nairobi, d'Ile-Ife et de Ouagadougou, de la Division de l'espace extra-atmosphérique et du Centre de télédétection du Canada; il devait être soumis au Programme des Nations Unies pour le développement et financé dans le cadre du quatrième cycle de programmation multinationale pour l'Afrique.

28. En dépit du soutien financier initial fourni par le PNUD pour l'élaboration du descriptif de projet, suivi d'enquêtes par des fonctionnaires de la CEA et appuyé par de multiples recommandations des réunions spéciales interorganisations sur l'espace tendant à ce que les activités de télédétection de la CEA soient soutenues par les organisations du système des Nations Unies afin que la Commission puisse mettre en place un programme semblable à celui de la CESAP, avec un financement éventuel du PNUD [8], aucune mesure n'a encore été prise jusqu'ici.

29. Les entretiens avec les experts en télédétection qui participent aux programmes de coopération technique en Afrique indiquent un grand penchant pour l'approbation du projet. La CEA devrait donc réviser le descriptif initial au titre de l'examen des résultats du "Sommet de la Terre" tenu à Rio de Janeiro au Brésil et le soumettre pour financement au titre du cinquième cycle de programmation multinationale du PNUD pour l'Afrique.

B. Autres programmes internationaux de télédétection et de SIG en Afrique

30. On pourrait citer parmi ces programmes les activités effectuées dans le cadre des programmes bilatéraux et celles exécutées par les organisations internationales. Les programmes et projets bilatéraux sont si nombreux qu'ils ne pourraient être couverts dans le présent document. Aussi ne seront discutés que certains des principaux programmes exécutés par les organisations internationales.

31. L'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) est l'une des institutions spécialisées du système des Nations Unies engagées dans la télédétection et les domaines connexes pour la mise en valeur des ressources naturelles et la surveillance de l'environnement. A son siège à Rome, la FAO a installé un centre de télédétection opérationnel pour les applications de la télédétection dans les domaines agricole, forestier et halieutique. Ce centre appuie un grand nombre de projets opérationnels dans les pays en développement dans le cadre du mandat de la FAO. En Afrique, outre le soutien aux projets nationaux, cette organisation participe activement au renforcement des moyens des institutions régionales comme l'IGADD et la SADCC et de leurs pays membres pour ce qui est d'utiliser les données de télédétection provenant des satellites pour les programmes d'alerte rapide, de sécurité alimentaire et de surveillance de l'environnement. Les projets Eléments de télédétection des systèmes d'alerte rapide dans les pays de

---

[7] "Programme d'information en matière de télédétection pour l'Afrique", proposition de descriptif de projet élaborée par des experts de la CEA, du RCSSMRS (Centre régional de services spécialisés dans le domaine des levés, des cartes et de la télédétection), du CRTO (Centre régional de télédétection de Ouagadougou), du RECTAS (Centre régional de formation aux techniques des levés aériens), de la Division de l'espace extra-atmosphérique de l'ONU et du Centre de télédétection du Canada, 1988.

[8] Rapport de la réunion spéciale interorganisations sur l'espace extra-atmosphérique (siège de la FAO, Rome, 26-28 septembre 1990), ACC/1990/PG/9, 6 février 1991.

l'IGADD et de la SADCC [9] ont contribué grandement à la création, au sein des organes nationaux de liaison et du RCSSMRS à Nairobi, d'unités capables d'acquérir, de traiter et d'intégrer ainsi que d'analyser les données de télédétection, et aussi d'intégrer les informations sur la production vivrière selon les saisons et les sécheresses dans les systèmes régionaux et nationaux d'alerte rapide.

32. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement élabore, pour ses programmes de surveillance de l'environnement à l'échelle mondiale, des programmes d'utilisation de la télédétection par satellite et des SIG. Le Système mondial de surveillance continue de l'environnement (GEMS) et la base de données sur les ressources mondiales (Global Resources Inventory Databases) (GRID) du PNUE dispensent depuis 1990, en coopération avec l'Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche, un programme de formation aux SIG à l'intention des pays africains. Le programme vise à renforcer les capacités nationales pour la surveillance et l'évaluation de l'environnement. Il assumera la formation des experts et gestionnaires, aux SIG et aux systèmes de traitement d'images (STI), permet d'améliorer leurs ordinateurs et logiciels, aide dans le cadre des projets pilotes et apporte un soutien à moyen et à long terme pour ce qui est des activités de réseau, de la formation et du financement en matière de SIG..

33. A l'échelle sous-régionale, le Programme envisage d'organiser un soutien technique, sous forme de cours de formation, d'appui technique et de séminaires dans les établissements de formation sous-régionaux existants.

34. Le Bureau des Nations Unies pour la région soudano-sahélienne (BNUS) est situé au sein du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et est chargé de fournir, au nom du PNUE, une assistance à 22 pays de la région soudano-sahélienne pour l'application du Plan d'action pour lutter contre la désertification adopté par la Conférence des Nations Unies sur la désertification, qui s'est tenue à Nairobi en septembre 1977. En conséquence, le BNUS soutient les pays de l'IGADD et du CILSS dans l'exécution des projets environnementaux ayant des volets "télédétection". A l'heure actuelle, il coopère activement à l'exécution du programme de l'Observatoire du Sahara et du Sahel qui est financé par le Gouvernement français.

35. L'Organisation météorologique mondiale (OMM) participe activement au soutien des institutions nationales, sous-régionales et mondiales s'occupant de météorologie, d'hydrologie et d'environnement. Au niveau sous-régional, l'OMM exécute actuellement un projet régional financé par le PNUD relatif à l'établissement d'un centre de surveillance de la sécheresse à Nairobi pour les pays de l'Afrique de l'Est et de l'Afrique australe. De plus, il apporte une assistance technique et financière substantielle à l'AGRYHMET et au Centre africain pour l'application de la météorologie au développement (ACMAD) sis à Niamey (Niger).

36. La Division de l'espace extra-atmosphérique de l'Organisation des Nations Unies organise en coopération avec les centres régionaux, la CEA, d'autres organismes des Nations Unies et des pays donateurs, des cours de formation, des stages et séminaires à l'intention de ressortissants des pays membres de la CEA. En coopération avec la Commission, cette division est actuellement en contact avec les pays donateurs pour l'établissement d'un centre régional pour l'enseignement de la science spatiale en Afrique.

37. L'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (Unesco), outre les bourses qu'elle fournit aux ressortissants des pays africains, exécute un projet pilote sur les applications géologiques de la télédétection (GARS). Les objectifs d'ensemble de ce programme figurent ci-après :

---

[9] "The Remote Sensing Component of the Early Warning System in IGADD Countries" and "Operational Satellite Environmental Monitoring for Food Security and Locust control in Africa by FAO, the ARTEMIS and the DIANA", document présenté au séminaire régional sur la télédétection et les systèmes d'information géographique à l'intention des décideurs africains 26-30 août 1991, Nairobi (Kenya), Document ECA/NRD/CRSU/RWRSGIS/21.

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 en coopération;

c) Diffuser, parmi les institutions participantes, les informations concernant les analyses géologiques et les résultats obtenus;

38. Les activités prévues par le programme GARS sont les suivantes :

a) Former un groupe de deux à quatre géologues en télédétection dans chacun des cinq pays choisis (Burundi, Rwanda, Ouganda, Tanzanie et Zambie) afin de constituer une unité de base;

b) Fournir une station complète de traitement d'images à chaque unité, 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 étant fournies par le projet;

d) Participer à un programme international sur un sujet intéressant tous les pays concernés et proposé de concert avec l'Unesco.

39. L'incidence du projet sur la mise en place des moyens institutionnels ne pouvait être évaluée à ce stade étant donné que davantage d'informations sont nécessaires.

IV. EDUCATION ET FORMATION EN MATIERE DE TELEDETECTION ET DE SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

40. L'éducation et la formation ont un rôle crucial à jouer dans la mise en place d'une infrastructure durable pour les technologies modernes telles que la télédétection et les systèmes d'information géographique. Le processus de transfert du savoir-faire et de la technologie nécessite une stratégie et des politiques clairement définies. La formation de courte durée peut familiariser les participants avec les rudiments de la télédétection et des SIG, tels que les principes des divers détecteurs, les techniques de traitement de données et les équipements. Une éducation ordinaire à long terme qui permettrait de bien comprendre les domaines de la télédétection et les sujets d'étude connexes devrait être dispensée.

A. Institutions et organisations internationales et régionales

41. Les éléments de la communauté internationale comme les organisations internationales et les autres pays et organismes donateurs ont contribué considérablement à l'établissement des centres régionaux à Ouagadougou, Niamey, Ile-Ife et Nairobi. De surcroît, ils apportent une assistance technique et financière pour l'organisation des cours et stages de formation dispensés soit dans les centres soit dans les institutions nationales.

42. Les institutions régionales de formation dans le domaine de la télédétection ayant été créées à la demande de certains pays membres, les installations sont utilisées en commun. La création desdites institutions répondait à un besoin exprimé par les Etats membres sous forme de résolutions qui ont été adoptées par la suite par la Conférence des ministres responsables de la planification et du développement économique. L'objectif était de former, grâce à des cours de brève et de longue durée, une main-d'oeuvre qualifiée en cartographie et en télédétection, en tant qu'élément essentiel pour la prospection, l'exploitation et la gestion des ressources naturelles de ces pays.

43. En ce qui concerne la télédétection et les SIG, les principaux objectifs des centres sont les suivants :

a) Assurer une formation théorique et pratique dans le domaine des levés aérospatiaux : photogrammétrie, photo-interprétation, cartographie et applications de la télédétection ainsi que des SIG;

b) Organiser des séminaires et ateliers de durée variable en vue de donner la possibilité d'échanger des informations et des données d'expérience en ce qui concerne les applications de la télédétection;

c) Fournir des services de consultant et des services consultatifs techniques aux Etats membres;

d) Mettre au point et accroître la capacité des centres afin qu'ils puissent répondre aux besoins des Etats membres;

e) Entreprendre une recherche-développement dont les résultats seront largement diffusés parmi les Etats membres de la Commission économique pour l'Afrique.

44. En plus des trois centres régionaux, à savoir le RCSSMRS, le RECTAS et le CRTO, deux autres centres sous-régionaux ont été établis : l'AGRYHMET pour les pays du CILSS et le Centre de surveillance de la sécheresse, qui est toujours à l'état de projet, pour les pays de l'IGADD, de la SADCC et certains pays de l'Afrique centrale. Les activités de télédétection dans ces deux institutions sont purement axées sur l'environnement.

45. Il ressort toujours des réponses aux questionnaires distribués par les centres et la CEA ainsi que des entretiens tenus avec des experts et hauts fonctionnaires gouvernementaux en diverses occasions, que les pays de la région ont vraiment besoin des services des centres, en particulier pour ce qui est de la mise en valeur des ressources humaines et de l'assistance aux utilisateurs en matière de technologie de télédétection et dans les domaines connexes. Les institutions régionales devraient donc continuer à répondre aux besoins des pays membres.

46. En général, il a été constaté que les organisations intergouvernementales en Afrique se heurtent, bien qu'à des degrés divers, à des difficultés financières résultant du non-paiement ou du retard dans le paiement des contributions des pays membres. La CEA devrait, en coopération avec les pays membres et la direction des centres, trouver une solution à ce grave problème pour que les centres demeurent opérationnels.

B. Education et formation au niveau national

47. Au niveau national, les services administratifs chargés des levés et des cartes, de la météorologie, des levés géologiques et des services agricoles et forestiers s'occupent généralement de la formation en cours d'emploi axée sur les applications. Ces dernières années, 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 pour les utilisateurs. Ces centres organisent des cours de formation à l'intention des fonctionnaires des ministères et des services publics et ils apportent une assistance aux utilisateurs en ce qui concerne les domaines d'application respectifs.

48. Par ailleurs, certaines universités de la région dispensent des cours de photogrammétrie, de photo-interprétation ainsi que de traitement et d'interprétation de données provenant des images par satellite. Bien que des cours de télédétection soient offerts dans certains domaines d'étude comme la géologie, la géographie, la sylviculture, etc., le rythme de modernisation des installations a été plutôt lent. Il faut par conséquent que les établissements d'enseignement supérieur d'Afrique participent directement à l'élaboration de programmes de formation du personnel axés sur la science et la technologie dans le domaine de la télédétection et des systèmes d'information géographique aux fins du développement. Des mesures appropriées devraient donc être prises pour exécuter les projets orientés vers la recherche appliquée dans le

cadre du programme de l'enseignement supérieur. Des fonds devraient aussi être mobilisés y compris sur le plan intérieur à cette fin, et des arrangements de coopération pour la recherche devraient être commencés avec les universités et les établissements de recherche aussi bien sur le continent qu'à l'extérieur. L'expérience a prouvé que l'éducation et la formation devraient, dans toute la mesure possible, avoir lieu dans le pays et partant dans le milieu dans lequel le stagiaire évoluera plus tard.

V. DOMAINES D'APPLICATION DE LA TELEDETECTION ET DES SIG

49. Les domaines d'application de la télédétection et des systèmes d'information géographique sont multiples. C'est pourquoi les principales questions qui seront traitées ici sont celles liées à la mise en valeur des ressources naturelles et à la gestion de l'environnement. La télédétection et la technique des SIG pour des applications spécifiques telles que les inventaires forestiers, les statistiques agricoles, la surveillance de l'environnement, l'utilisation du sol et les études agronométriques se sont montrées nettement supérieures aux méthodes d'étude classiques des ressources.

50. L'utilisation de photographies aériennes dans la topographie, les études pédologiques, géologiques et des ressources minérales remonte aux années 40. Des images couvrant tout le territoire ont été prises au moyen de la photographie aérienne panchromatique en noir et blanc pour la production de cartes topographiques. L'introduction du film en couleur et du film en couleur sensible à l'infrarouge a permis la classification des forêts, la surveillance de l'état des cultures et l'identification des insectes prédateurs ainsi que des maladies des cultures.

51. Les applications de la télédétection en Afrique ont apporté des avantages substantiels pour la cartographie des ressources naturelles et la surveillance de l'environnement. C'est ainsi que de vastes zones n'ont pas du tout été cartographiées ou n'ont été que faiblement couvertes. Les informations provenant de la télédétection par satellite ont contribué à accélérer la production de nouvelles cartes ou complété le matériel disponible comme les photographies aériennes et les cartes. De plus, la révision des cartes existantes a été rentabilisée, en particulier dans les zones arides, semi-arides et dans les zones de forêts tropicales ombrophiles où l'infrastructure matérielle est soit médiocre soit inexistante. L'utilisation des systèmes de positionnement global simplifie l'ensemble des opérations de collecte de données géodésiques sur le terrain, en permettant immédiatement le repérage des sites dans les limites de précision requises.

52. Les experts et les chercheurs s'occupant de développement s'accordent sur le fait qu'il est en général possible d'éviter la famine et l'insécurité alimentaire. La famine ne survient pas de but en blanc. Elle résulte de la conjonction d'événements et de politiques qui minent graduellement la capacité des démunis à faire face aux situations d'urgence à court terme. Le problème pourrait être surmonté par l'adoption de politiques gouvernementales judicieuses et l'utilisation convenable des systèmes d'alerte rapide [10]. En tant que contribution à la mise en place de mécanismes d'alerte avancée, les organisations sous-régionales comme la SADCC, le CILSS et l'IGADD ont, en coopération avec la communauté internationale et les centres régionaux, entrepris des programmes et projets en matière de sécurité alimentaire, de surveillance continue de la sécheresse et de dégradation de l'environnement en Afrique. Les images fournies par la télédétection par satellite et les techniques des SIG sont les moyens fondamentaux employés dans les activités opérationnelles de ces projets. Ces derniers diffusent des informations sous forme de bulletins [11], [12] sur

---

[10] "The Fight Against Famine", The Ethiopian Herald, 11 juillet 1992, Addis-Abeba, Ethiopie.

[11] "Drought Monitoring Bulletin Eastern and Southern Africa", publié dans le cadre du projet régional RAF/88/044/du PNUD "Drought Monitoring for Eastern and Southern Africa", avec l'OMM comme agent d'exécution, par les centres de surveillance de la sécheresse de Nairobi et d'Harare.

les études climatologiques des sous-régions telles que l'évaluation de la pluviométrie, sa répartition et ses anomalies, des vues d'ensemble des conditions météologiques et les effets agrométéorologiques comme l'évaluation des conditions de végétation selon les saisons.

53. Pour la plupart des pays africains, la qualité de l'eau et la distance à parcourir pour arriver aux ressources en eau peuvent faire la différence entre la vie et la mort. La télédétection a été utilisée avec succès dans la prospection des eaux souterraines dans les zones éloignées et dans la gestion des eaux de formation et des cours d'eau. C'est ainsi qu'au moyen de photographies aériennes ou d'images photographiques par satellite, l'hydrologue analyse les données en vue de déterminer les caractéristiques linéaires, le type de roche et les modes de végétation. Chaque caractéristique est un indicateur sur l'existence d'eaux souterraines ou sur la qualité de ces eaux. Un autre domaine est la prédiction de la quantité de pluie et ici les estimations sont fondées sur les statistiques relatives aux nuages froids qui sont des signes de précipitations sur une région donnée. Les procédés d'estimation de la pluviométrie sont actuellement opérationnels et sont employés dans les programmes nationaux et sous-régionaux de surveillance de la sécheresse en place dans des pays de l'IGADD, de la SADCC et du CILSS. De plus, les photographies aériennes et les données provenant des images par satellite jouent un rôle important dans la détermination des sites des barrages et dans la surveillance ultérieure des inondations.

54. S'agissant de la prospection des ressources minérales, l'analyse et l'interprétation des photographies aériennes et des images par satellite se sont révélées efficaces dans la détection des roches, des failles et du réseau hydrographique, ainsi que des anomalies de ton qui revêtent de l'importance pour les programmes de prospection des ressources minérales.

55. Pour tous les domaines d'application, les exigences ci-après doivent être satisfaites : disponibilité des données, moyens de traitement de l'information et méthodes appropriées pour les applications spécifiques; personnel compétent en matière d'analyse de données et doté d'une expérience professionnelle et d'une bonne connaissance de la télédétection ainsi que de technique des SIG, demande en matière d'information au niveau de l'utilisateur.

VI. PRINCIPAUX OBSTACLES AU DEVELOPPEMENT DE CES TECHNOLOGIES DANS LA REGION

56. La télédétection a été considérée dans nombre de pays en développement comme un moyen d'étudier un territoire sans autorisation, fait historiquement lié aux activités de reconnaissance militaires entreprises durant les première et seconde guerres mondiales et la période de la guerre froide Est-Ouest qui a suivi. Toutefois, l'attitude à l'égard de ces technologies s'est améliorée avec l'avènement des satellites d'observation des ressources de la Terre et des satellites météorologiques qui permettent de présenter publiquement aux utilisateurs des informations essentielles comme les prévisions météorologiques et les données pour la surveillance de la sécheresse. En outre, bien que le type de satellite de télédétection examiné dans le présent document serve à des fins pacifiques, les pays en développement n'ont en pratique aucun moyen efficace d'empêcher ces engins spatiaux d'enregistrer des données au-dessus de leur territoire.

57. En dépit des rapides progrès accomplis dans la recherche et les applications de la technologie de la télédétection dans diverses régions du monde, la plupart des pays africains n'ont pas été en mesure de profiter des avantages possibles. Les principaux obstacles au développement de la télédétection et des SIG dans la région pourraient être les suivants :

---

[12] "Environmental Satellite Data Analysis IGADD Subregion", Volet télédétection du système d'alerte rapide dans les pays de l'Afrique de l'Est, Projet GCPS/RAF/231/JPN exécuté par la FAO et implanté au RCSSMRS à Nairobi.

a) Manque de politiques nationales pouvant constituer un cadre pour la promotion de ces technologies aux fins du développement;

b) Absence de prise de conscience et d'engagement de la part des décideurs en ce qui concerne les avantages potentiels de ces technologies;

c) Faiblesse de l'infrastructure scientifique et technologique dans la plupart des pays africains;

d) Allocation inadéquate de fonds pour l'acquisition du matériel, du logiciel et des données;

e) Difficultés pour l'acquisition des données et dans leur gestion. A l'exception de l'Afrique du Sud, l'Afrique ne dispose d'aucune station réceptrice au sol pour l'acquisition de données provenant des satellites d'observation de la Terre. L'absence de ces installations servant à la réception directe des données dans le continent est une contrainte pesant sur le développement et l'application des utilisations opérationnelles et soutenues des données par satellite de haute résolution dans la plupart des pays africains.

f) Renouvellement rapide du personnel qualifié.. Il a été constaté que le mouvement du personnel est relativement rapide après qu'il a obtenu une formation et une expérience adéquates (de meilleures possibilités grâce à la formation). Un problème général est que les fonctions publiques de la plupart des pays africains n'offrent pas une rémunération attrayante à leur personnel spécialisé. Les conséquences immédiates en sont un renouvellement rapide et l'exode des compétences vers le secteur privé ainsi que l'expatriation. Une solution à court terme à ce problème consiste à former plus de personnes qu'il ne faut et à améliorer les conditions de travail au plan intérieur. Les solutions à long terme toutefois ne sauraient être trouvées que dans le contexte national.

g) Absence de coordination effective des programmes et des activités de télédétection dans la région. De ce fait, un chevauchement des efforts se constate à l'échelle régionale aussi bien que nationale;

h) Caractère limité des services fournis en matière de matériel et de logiciel dans la région. Les cas de coopération technique indiquent que les institutions dans les pays en développement n'éprouvent d'ordinaire pas de grandes difficultés à obtenir l'équipement et les instruments dans le cadre des projets. Cependant, il existe des goulets d'étranglement au niveau de l'acquisition des pièces de rechange et de l'entretien après l'achèvement des projets.

VII. EVOLUTION FUTURE EN MATIERE DE TECHNOLOGIE DE LA TELEDETECTION ET DE SIG EN AFRIQUE

58. Grâce à la recherche-développement intensive menée dans le domaine des méthodes et techniques de traitement d'images depuis les années 70, il est largement admis aujourd'hui que la télédétection et les SIG constituent de puissants instruments pour la gestion des ressources naturelles et la surveillance de l'environnement.

59. Compte tenu de l'accent accru mis sur l'environnement et le développement durable, ainsi que de la préoccupation suscitée par la dégradation des terres et les effets de la pollution tellurique et côtière pour l'avenir, on assistera à un grand accroissement des applications en temps réel à la météorologie, à la surveillance de l'environnement et aux systèmes d'alerte avancée pour la sécurité alimentaire.

60. Les données de télédétection par satellite, les méthodes de traitement numérisé d'images et la technique des SIG joueront un rôle important dans la mise en place et la gestion de bases de données géoréférencées pour les systèmes d'information sur l'environnement, la sylviculture et l'agriculture.

61. La disponibilité de données en hyperfréquences dans le proche avenir élargira considérablement la portée de la télédétection opérationnelle et permettra de bien connaître les phénomènes des ondes, les

ressources marines, les zones des forêts tropicales ombrophiles et les zones ennuagées. Le traitement et l'interprétation des données recueillies par radar doivent toutefois être davantage consolidés.

62. En raison des faits nouveaux intervenant dans la technologie des communications par satellite, on aura recours à l'utilisation pratique de petites stations réceptrices au sol peu coûteuses et aux satellites de télécommunications pour diffuser dans l'avenir les données obtenues par télédétection. Un exemple est le système DIANA, qui doit transmettre, via INTELSAT, les données obtenues par télédétection à partir du siège de la FAO à Rome, à trois stations extérieures devant être installées au Bureau régional de la FAO pour l'Afrique à Accra, au Centre régional de services spécialisés dans le domaine des levés, des cartes et de la télédétection à Nairobi (Kenya) et au Département des services météorologiques d'Harare (Zimbabwe).

63. En ce qui concerne la cartographie, la tendance au développement technologique dans l'utilisation des ordinateurs se poursuivra. La révision des cartes au moyen de la cartographie numérique profitera beaucoup de ces progrès. La technique des systèmes d'information géographique favorisera l'établissement de bases de données pour la gestion des terres, en particulier dans un continent où les pressions s'exerçant sur les terres productives s'intensifieront de façon considérable.

64. En raison de l'évolution future, notamment du fait que le coût des micro-ordinateurs et du logiciel décroît rapidement, il est escompté que nombre d'institutions d'Afrique s'occupant de gestion des ressources naturelles et d'études d'impact sur l'environnement soient considérablement favorisées. Cependant, la commercialisation des données de télédétection pourrait sérieusement grever les finances des utilisateurs potentiels. Aucun pays ou organisme donateur ne garantira la fourniture gratuite de données au-delà d'une certaine période. Aussi les pays africains devraient-ils trouver les moyens de résoudre cet imminent problème.

VIII. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

65. Sur la base de l'expérience acquise au cours des 20 dernières années dans le domaine de la télédétection et des SIG, les conclusions et recommandations suivantes sont formulées :

a) En raison de l'évolution et de la prise de conscience au niveau mondial en matière d'environnement et de développement durable, le programme africain de télédétection devrait être revitalisé en y associant les autres organismes du système des Nations Unies, les institutions et organisations régionales ainsi que les institutions nationales des pays membres. Les conditions sont propices à présent à une telle initiative;

b) Les institutions régionales ont prouvé qu'elles pouvaient jouer un rôle significatif s'agissant du transfert de technologie dans le domaine de la télédétection et des applications de cette dernière à la gestion des ressources naturelles et à la surveillance de l'environnement si un soutien financier adéquat est garanti et si l'appui administratif technique est apporté;

c) Les centres régionaux de télédétection dispensent des cours de formation de courte et de moyenne durée à des professionnels des Etats membres depuis le milieu des années 70. Ainsi des réalisations ont été faites. Toutefois, la plupart des pays ne disposent toujours pas de programmes d'enseignement à long terme en matière de télédétection et de systèmes d'information géographique dans leurs universités ou leurs écoles supérieures. En conséquence, les pays membres devraient en fait s'efforcer de consolider leurs moyens scientifiques et technologiques au niveau universitaire, pour ce qui est de la télédétection et des systèmes d'information géographique. Les universités nationales doivent pour leur part élaborer les programmes appropriés dans les domaines examinés ici;

d) En plus du parrainage des centres régionaux et sous-régionaux, la CEA devrait établir des liens plus étroits avec les institutions nationales dans les pays membres. Cette démarche est particulièrement importante pour l'institution de programmes multinationaux dans lesquels les projets communs pourraient

être élaborés conjointement avec plusieurs pays, confiés à la CEA en tant qu'agent d'exécution et exécutés par les institutions nationales et régionales;

e) En raison des difficultés tenant au manque de fonds pour l'acquisition, dans les institutions nationales et sous-régionales, de données recueillies au moyen de la télédétection par satellite, la CEA devrait sérieusement assurer le suivi de la proposition de projet que l'UNESCO a présentée à la réunion du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique en février 1992. Le projet en question fournira des données provenant des satellites de télédétection aux centres sous-régionaux et à certains centres nationaux et contribuera ainsi à leur bon archivage;

f) Pour ce qui est du programme africain d'information en matière de télédétection, la CEA devrait examiner la question au niveau le plus élevé avec le PNUD afin de bénéficier des fonds du cinquième cycle de programmation alloués par ledit Programme à l'Afrique. Les recommandations des réunions interorganisations tenues en 1989, en 1990 et en 1991 dans lesquelles il est demandé aux organismes des Nations Unies d'appuyer l'établissement d'un programme africain de télédétection devraient faire l'objet d'un suivi;

g) L'association du secteur privé autochtone à la mise en place d'installations de service et de maintenance devrait être encouragée. En outre, les sociétés s'occupant d'études des ressources devraient bénéficier d'un soutien financier et des programmes de promotion du secteur privé national.