

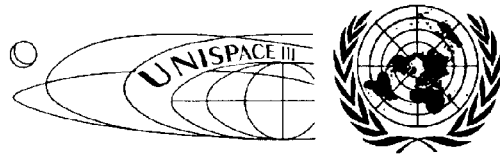
Distr. LIMITÉE

A/CONF.184/BP/3

26 mai 1998

FRANÇAIS

Original : ANGLAIS



**TROISIÈME CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES  
SUR L'EXPLORATION ET LES UTILISATIONS PACIFIQUES DE L'ESPACE EXTRA-ATMOSPHÉRIQUE**

---

**GESTION DES RESSOURCES DE LA TERRE**

*Document d'information n° 3*

*Liste des documents d'information:*

1. La Terre et son environnement dans l'espace
2. Catastrophes: prévision, alerte et atténuation des effets
3. Gestion des ressources de la Terre
4. Systèmes de navigation et de localisation par satellite
5. Communications spatiales et leurs applications
6. Sciences spatiales fondamentales, recherche sur la microgravité et leurs avantages
7. Aspects commerciaux de l'exploration spatiale, y compris les retombées bénéfiques
8. Systèmes d'information pour la recherche et les applications
9. Missions de petits satellites
10. Initiation et formation aux sciences et aux techniques spatiales
11. Retombées bénéfiques sur le plan économique et social
12. Promotion de la coopération internationale

## TABLE DES MATIÈRES

	<i>Paragraphes</i>	<i>Page</i>
PRÉFACE .....		3
RÉSUMÉ .....		4
I. SYSTÈMES DE SATELLITES D'OBSERVATION DES RESSOURCES DE LA TERRE .....	4 - 9	5
A. Principaux systèmes actuellement en service .....	4 - 6	5
B. Nouveaux systèmes et futurs systèmes .....	7 - 9	7
II. APPLICATIONS DE LA TÉLÉDÉTECTION ET AVANTAGES QUI EN DÉCOULENT .....	10 - 48	10
A. Besoins en information .....	10 - 12	10
B. Les avantages spécifiques de la télédétection par satellite .....	13 - 18	10
C. Applications .....	19 - 21	11
D. Apports de la télédétection à l'humanité .....	22 - 48	13
III. COOPÉRATION INTERNATIONALE .....	49 - 54	18
A. Programmes mondiaux relatifs à l'environnement .....	49 - 50	18
B. Formation et transfert de technologie .....	51 - 52	19
C. Coordination des activités d'observation de la Terre au niveau international .....	53	20
D. Accès aux données au niveau international .....	54	20
IV. QUESTIONS INTÉRESSANT LES ÉTATS MEMBRES .....	55 - 64	20
A. Transfert effectif de techniques opérationnelles .....	55 - 58	20
B. Accès aux données .....	59 - 61	21
C. Mise en place de services d'exploitation en matière de télédétection .....	62 - 63	21
D. Élaboration de programmes spatiaux appropriés au niveau local .....	64	22

## PRÉFACE

L'Assemblée générale, dans sa résolution 52/56, a approuvé la recommandation tendant à tenir la troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (UNISPACE III) à l'Office des Nations Unies à Vienne du 19 au 30 juillet 1999 en tant que session extraordinaire du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, ouverte à tous les États Membres de l'Organisation des Nations Unies.

UNISPACE III aura pour objectifs principaux de:

- a) Promouvoir des moyens d'utilisation efficaces des techniques spatiales afin d'aider à résoudre des problèmes d'importance régionale ou mondiale;
- b) Renforcer les capacités des États Membres, en particulier des pays en développement, pour leur permettre d'utiliser les applications de la recherche spatiale au service du développement économique et culturel.

Les autres objectifs d'UNISPACE III seront les suivants:

- a) Donner aux pays en développement la possibilité de définir leurs besoins en matière d'applications spatiales à des fins de développement;
- b) Étudier les moyens de faciliter l'utilisation des applications spatiales par les États Membres en vue de promouvoir un développement durable;
- c) Aborder les questions de l'éducation, de la formation et de l'assistance technique en relation avec les sciences et les techniques spatiales;
- d) Offrir un cadre propice à l'évaluation critique des activités spatiales et sensibiliser davantage le grand public aux retombées bénéfiques des techniques spatiales;
- e) Renforcer la coopération internationale en faveur du développement des techniques et des applications spatiales et de leur utilisation.

Dans le cadre des activités préparatoires à la Conférence, le Bureau des affaires spatiales a établi plusieurs documents d'information pour aider les États Membres participant à la Conférence, ainsi qu'aux réunions préparatoires régionales, de faire le point sur l'état d'avancement de la question et sur les dernières tendances qui se dessinent en matière d'utilisation des techniques spatiales. Ces documents ont été établis par le Bureau des affaires spatiales à partir des éléments fournis par les organisations internationales, les agences spatiales et les experts du monde entier. Les 12 documents d'information publiés dans la même série se complètent et devraient faire l'objet d'une lecture globale.

Il serait utile pour les États Membres, les organisations internationales et les industries spatiales qui prévoient de participer à UNISPACE III de tenir compte du présent document, notamment pour arrêter la composition de leur délégation et pour formuler leurs contributions aux travaux de la Conférence.

Le Secrétariat tient à exprimer sa reconnaissance pour les contributions faites par un certain nombre d'organisations et de spécialistes aux fins de l'établissement du présent rapport, en particulier: Agence spatiale européenne (ESA); Agence spatiale canadienne (CSA); Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA); Administration nationale des océans et de l'atmosphère (NOAA); Centre royal de télédétection spatiale (CRTS) (Maroc); Organisation indienne de recherche spatiale (ISRO); Observatoire de Manille (Philippines); Institut national de l'aéronautique et de l'espace (Indonésie); Université internationale de l'espace; Organisation

météorologique mondiale (OMM); Centre national d'études spatiales (CNES) (France); Lawrence Fritz et Bruce Forster au nom de la Société internationale de photogrammétrie et de télédétection (ISPRS); Ray Harris; U.R. Rao; et Ray A. Williamson.

M. J. Rycroft (Université internationale de l'espace, Strasbourg (France) et Université de Cambridge (Royaume-Uni)) a prêté un concours précieux pour la rédaction technique des documents d'information n° 1 à 10 (A/CONF.184/BP/1 à 10).

## RÉSUMÉ

La population de la planète s'accroît au rythme de plus de 250 000 personnes par jour. Cette croissance, qui tient essentiellement aux pays en développement, tend de manière irrépensible à l'exploitation toujours plus intensive des ressources naturelles pour des besoins que le développement économique et social accroît sans cesse. Cette exploitation est à l'origine de plusieurs grands problèmes écologiques, notamment la déforestation de régions entières, la surpêche et la destruction du milieu ichtyologique qui en résulte, la dégradation des sols et la désertification, la propagation des maladies et des nuisibles, la réduction de la biodiversité, l'insuffisance de l'accès à l'eau douce, l'épuisement de la couche d'ozone et le réchauffement planétaire. On reconnaît désormais qu'il est nécessaire de gérer les ressources de la Terre dans une optique de viabilité à long terme et de rationalité sur le plan écologique. Les satellites de télédétection offrent un vaste éventail d'informations essentielles à une telle gestion.

La télédétection apporte beaucoup, directement ou indirectement, à l'humanité: a) gain de temps et économie grâce au gain d'efficacité dans un vaste éventail d'activités, notamment en matière de planification, de réalisation et de suivi, par rapport aux autres sources d'information comparables, comme la photographie aérienne; b) nombre de vies humaines épargnées grâce à un meilleur apport d'information utile en cas de catastrophe; c) meilleure qualité de vie grâce à une plus grande sécurité alimentaire et une meilleure gestion de l'environnement et de ressources naturelles; et d) réduction de l'incertitude dans la prise de décisions.

Le nombre de satellites opérationnels équipés de capteurs permettant une cartographie détaillée des ressources terrestres se multiplie, en partie du fait de l'apparition d'une exploitation entièrement commerciale de ces engins. De même, on utilise de plus en plus les données provenant de ces satellites, mais surtout dans les pays industrialisés. Pour favoriser l'extension à tous les pays de l'utilisation de la télédétection par satellite, il faudra régler un certain nombre de problèmes, notamment celui de l'accès aux données, et créer des mécanismes et des programmes permettant une utilisation plus large de la télédétection par satellite dans le cadre des activités courantes de développement.

## I. SYSTÈMES DE SATELLITES D'OBSERVATION DES RESSOURCES DE LA TERRE

1. Il existe à l'heure actuelle une large gamme de systèmes de télédétection par satellite qui permettent d'obtenir des données qui contribuent à résoudre des problèmes de portée nationale, régionale et même mondiale. Ces systèmes présentent une résolution spatiale comprise entre un kilomètre et quelques mètres; ils opèrent sous des longueurs d'ondes allant de l'ultraviolet aux hyperfréquences en passant par le visible, l'infrarouge et l'infrarouge thermique. La plage spécifique dans laquelle un détecteur acquiert ses données, ainsi que sa résolution spatiale et sa capacité de revisite (c'est-à-dire le temps s'écoulant entre deux vues successives d'un seul et même site par le satellite) sont déterminantes quant à leurs possibilités d'application dans un certain nombre de secteurs clés du développement, comme l'agriculture, la recherche de gisements, la foresterie, la surveillance des facteurs de risques, la pêche et l'hydrologie. Il existe des systèmes aéroportés équivalents pour pratiquement tous les systèmes satellites, mais ces systèmes embarqués n'acquièrent pas leurs données de manière itérative et ne peuvent observer que des zones restreintes de la surface de la Terre.

2. La télédétection à partir de l'espace à des fins civiles a commencé en avril 1960, avec le lancement par les États-Unis du satellite de télévision et d'observation infrarouge TIROS-1 (un précurseur de la série des satellites opérationnels d'observation de l'environnement en orbite polaire (POES), actuellement exploitée par l'Administration nationale des océans et de l'atmosphère ou NOAA) en tant que satellite météorologique expérimental. Ce satellite à orbite polaire a été le premier à émettre des images comparables à des images télévisées de la surface du globe d'une manière systématique et répétitive. L'armée américaine a lancé son premier satellite d'observation de la Terre, Discoverer, en août 1960. Au cours des années 60, les États-Unis et l'URSS ont lancé toute une série de satellites de télédétection dans le cadre de programmes météorologiques, de renseignement et d'exploration de la Lune. C'est en 1972 qu'a été conçu le premier satellite civil spécifiquement pour recueillir des données de la surface du globe et des ressources terrestres. Il s'agissait d'ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), ultérieurement rebaptisé satellite d'observation des terres (LANDSAT-1). Par la suite, des satellites de la même série, LANDSAT-2, 3, 4 et 5 ont été lancés respectivement en 1975, 1978, 1982 et 1984.

3. De 1972 à 1986, le grand public n'a eu accès à des images de télédétection par satellite que par la série LANDSAT. Depuis lors, cependant, les choix offerts aux utilisateurs de données se sont progressivement élargis. Plusieurs autres systèmes de satellites d'observation des ressources terrestres, aux caractéristiques techniques diverses (quant à la charge utile en instruments, aux paramètres orbitaux et aux domaines d'application principale) ont été lancés et sont exploités par de multiples agences spatiales, sous le patronage de divers pays. L'éventail des sources possibles d'information par télédétection continue de s'élargir. Dans un proche avenir, on disposera de systèmes capables d'enregistrer des images présentant une résolution spatiale et une résolution spectrale très élevées, avec des cadences très rapides de répétition des passages. Cette évolution permettra aux utilisateurs d'obtenir des informations en temps utiles avec de plus en plus de souplesse. Les paragraphes qui suivent sont un exposé synoptique des systèmes actuellement en service. Quelques-uns des nouveaux systèmes qui seront lancés dans un proche avenir (c'est-à-dire à partir du début de 1998, date de l'établissement du présent rapport) sont ensuite présentés.

### A. Principaux systèmes actuellement en service

4. À l'heure actuelle, il existe six systèmes qui fournissent de manière régulière l'essentiel des données courantes d'observation des ressources de la Terre. Il s'agit, avec la date de leur premier lancement, des systèmes suivants: radiomètre de pointe à très haute résolution (AVHRR) de la NOAA des États-Unis; LANDSAT, 1972; Système pour l'observation de la Terre (SPOT), 1986; satellite de télédétection indien (IRS), 1988; satellite de téléobservation de la Terre (ERS), 1991; satellite japonais de ressources terrestres (JERS), 1992; et RADARSAT, 1995.

5. Le système AVHRR (radiomètre de pointe à très haute résolution) de la NOAA a été conçu pour obtenir des données hydrographiques, océanographiques et météorologiques, qui sont également utilisées à des fins d'observation des sols. Il existe toute une série de ces systèmes en orbite terrestre à cycle de passage biquotidien (de

jour et de nuit). Les systèmes LANDSAT ont été les premiers à être conçus pour offrir une couverture totale de la surface terrestre de manière régulière. Les systèmes LANDSAT actuels emportent deux instruments de télédétection multispectraux caractérisés par des pouvoirs séparateurs et des résolutions spectrales différents. Il s'agit des capteurs de l'analyseur multibande à balayage (MSS) et de l'appareil de cartographie thématique (TM). Les systèmes SPOT 1, 2 et 3 ont été lancés en 1986, 1990 et 1993. Ces systèmes, identiques, peuvent acquérir des données en modes panchromatique et multispectral. Les systèmes SPOT ont un cycle standard de répétition de vingt-six jours mais, en raison de leur capacité de vision latérale, ils peuvent revisiter un site à des intervalles plus fréquents (jusqu'à une fois tous les deux jours); ils sont également capables de produire des couples d'images stéréoscopiques. Les systèmes de satellites IRS (1A, 1B, 1C et 1D) ont été lancés en 1988, 1991, 1996 et 1997. Ils ont une périodicité de retour sur site de vingt-deux jours. Les systèmes IRS-1C et 1D sont tous les deux dotés de capteurs panchromatiques et multispectraux. Les caractéristiques des capteurs de ces quatre systèmes de satellites sont présentées succinctement dans le tableau 1.

**Tableau 1: Liste des principaux satellites actuellement en service utilisés habituellement pour la gestion des ressources terrestres**

<i>Système</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Résolution spatiale</i>
NOAA (AVHRR)	VNIR(2) TIR(3)	1,1 km
LANDSAT	VNIR(4)	56 m x 79 m
	VNIR/SWIR(6)	30 m
	TIR(1)	120 m
SPOT	PAN	10 m
	VNIR(3)	20 m
IRS	PAN	5,8 m
	VNIR(3)	23,5 m
	MIR(1)	70 m

*Note:* VNIR: visible et proche infrarouge; SWIR: infrarouge de courte longueur d'onde; PAN: mode panchromatique; MIR: infrarouge de moyenne longueur d'onde; TIR: infrarouge thermique. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de bandes spectrales.

6. Les systèmes RADARSAT, JERS-1 et ERS-1 et 2 emportent des systèmes de télédétection radar ou hyperfréquences. Il s'agit de détecteurs actifs dotés de leur source d'énergie propre, pouvant acquérir des données en tout temps, de nuit comme de jour, selon la position du satellite par rapport à la surface de la Terre. Les satellites ERS-1 et ERS-2 ont été lancés en 1991 et 1995. JERS-1 a été lancé en 1992 et RADARSAT en 1995. Les systèmes RES et JERS sont équipés d'autres instruments de détection, en plus des instruments de visualisation radar, tandis que RADARSAT est doté d'un certain nombre de modes de visualisation pour des résolutions au sol différentes. Les autres caractéristiques techniques de ces trois systèmes sont présentées dans le tableau 2.

**Tableau 2: Principales caractéristiques des trois grands satellites radar actuellement en fonctionnement.**

	<i>ERS-1 &amp; 2</i>	<i>JERS-1</i>	<i>RADARSAT</i>
Longueur d'onde	5,7 cm	23,5 cm	5,7 cm
Fréquence	5,3 GHz	1,28 GHz	5,3 GHz
Polarisation	VV	HH	HH
Angle d'incidence	23 degrés	35 degrés	20 à 49 degrés
Largeur de balayage	100 km	75 km	100/500 km [SM]
Résolution en distance	30 m	18 m	25 m (nominale) [SM]
Résolution azimutale	30 m	18 m	28 m [SM]

*Note:* SM – en mode standard.

## **B. Nouveaux systèmes et futurs systèmes**

7. Les systèmes de télédétection qui ont été mis au point avec le concours des États ont essentiellement pour vocation la collecte de données à grande échelle, avec une résolution moyenne ou faible, plus particulièrement indiquée pour les informations telles que la recherche climatique, la surveillance de l'environnement et la gestion des ressources. En revanche, les nouveaux systèmes actuellement prévus ou ayant été récemment lancés par les opérateurs commerciaux (tableaux 3 et 4) témoignent, de part leur conception, d'un choix en faveur d'une résolution spatiale et spectrale élevée<sup>1</sup> (voir également document d'information n° 9 (A/CONF.184/BP/9) consacré aux missions de petits satellites, dont certaines ont trait à la télédétection). En l'an 2000, si tous les projets actuels de satellites d'observation terrestre se concrétisent, il y aura simultanément 31 satellites en orbite, qui seront capables de fournir des données d'une résolution de 30 m ou moins. On espère obtenir avec ces systèmes une résolution spatiale de non moins de 0,8 m. Comme la plupart seront également dotés d'une installation stéréoscopique, ils seront en mesure de fournir une modélisation numérique des reliefs donnant une précision de la définition des contours de l'ordre de deux mètres. Le pouvoir séparateur élevé que présentent ces systèmes permettra également une modélisation dans les trois dimensions des constructions et une représentation cartographique de l'utilisation des sols et non simplement du couvert végétal. Le principal marché de ce type de données, obtenues grâce à ces nombreux satellites à haute définition portera sur diverses applications: gestion des cultures, cartographie et applications SIG diverses (en rapport, par exemple, avec les établissements publics, l'urbanisme, la foresterie et l'intervention en cas de catastrophe). Les fournisseurs déclarent que les produits des systèmes commerciaux seront disponibles en général quelques heures après l'acquisition des données par le satellite. C'est cependant l'accès des utilisateurs à des installations adéquates d'exploitation de cette technologie qui est déterminant pour pouvoir bénéficier d'un transfert de données opérant pratiquement en temps réel.

**Tableau 3: Liste des satellites dotés de moyens pouvant servir à la gestion des ressources terrestres, qui doivent être lancés entre 1997 et 2002 par des agences recevant des aides publiques<sup>a</sup>**

<i>Système</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Résolution spatiale</i>
CBERS (1999, 2000)	VNIR(4) PAN SWIR TIR	20 m, 260 m 20 m, 80 m 80 m 160 m
RADARSAT-II (2000)	SAR(C)	3 m, 9 m, 25 m, 50 m, 100 m
Envisat-1 (1999)	VNIR(15) SAR(C)	250 m, 1 km 30 m, 100 m
SPOT-4 (1998)	VNIR/SWIR (4)	10 m, 20 m
SPOT-5A (2002)	VNIR/SWIR (4) PAN	10 m 5 m
IRS-1D (1997)	VNIR(4) PAN SWIR WiFS	23,6 m 5,8 m 70,8 m 188 m
IRS-P5 (1999-2000)	PAN	2,5 m
IRS-P6 (2000-2001)	VNIR(4) VNIR(3) AwiFS(3)	23 m 6 m 80-100 m
ALOS (2003)	VNIR PAN SAR(L)	10 m 2,5 m
KOMPSAT (1999)	VNIR	10 m
Resource-01 N4 (1998)	VNIR(3)	25 m
Resource-F2M (1998)	VNIR(4), photographie	6-9 m
NIKA-Kuban (2000)	VNIR(1), photographie VNIR(9), photographie	2-4 m 3-5 m, 6-8 m
SICH-1M (1999)	VNIR	45 m
LANDSAT-7 (1998)	VNIR/SWIR(6) TIR PAN	30 m 60 m 15 m, 5 m, 10 m
EOS-AMI (1998)	VNIR(3) SWIR(6) TIR (5)	1 m 30 m 90 m
EO-1 (1999) -Exp	VNIR/SWIR(9) PAN H	30 m 10 m
LightSAR (2000)	SAR(L)	
TOPSAT (2001)	SAR(L)	

*Note:* Exp: mission expérimentale; SWIR: infrarouge de courte longueur d'onde; VNIR: visible et proche infrarouge; PAN: panchromatique; SAR(X): radar à antenne synthétique à bandes X; MV: hyperfréquences; H: capteur hyperspectral. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de bandes spectrales.

<sup>a</sup>Les dates de lancement sont sujettes à modification. Seuls les satellites dotés d'au moins un capteur principal d'une résolution spatiale supérieure à 100 m sont mentionnés.



**Tableau 4: Satellites commerciaux récemment lancés ou devant être lancés**

<i>Mission</i>	<i>Caractéristiques des capteurs<sup>a</sup></i>	<i>Résolution spatiale</i>	<i>Date de lancement</i>
Israel Aircraft Industries (IAI)	PAN	1,3 m	–
Orbview-3 (ORBIMAGE)	PAN VNIR(4) H	1 m, 2 m 4 m 8 m	1999
IKONOS-1 (Imagerie spatiale EOSAT)	PAN VNIR(4)	1 m 4 m	1998
IKONOS-2 (Imagerie spatiale EOSAT)	PAN VNIR(4)	1 m 4 m	1998
Quick Bird (Surveillance de la Terre)	PAN VNIR(4)	1 m, 2 m 4 m	1998
GDE Systems	PAN	0,8 m	1988
West Indian Space (EROS-A)			1998
Resource 21	VNIR(4) SWIR	10 m 20 m, 100 m	1999
ARIES-1	VNIR(32) SWIR(32)	30 m 30 m	2000
EROS-B1 (West Indian Space)			1999
EROS-B2, B3 (West Indian Space)			2000
GEROS I, II (Société GER)			2000
GDE Systems			2000
GIBSAT (Kodak)			2000
Resource 21-A, -B (Resource 21)			2000
EROS-B4, B5 (West Indian Space)			2001
XSTAR A (Matra-Marconi)			2001
Orb View-3 B (ORBIMAGE)			2001
GEROS-III, IV (Société GER)			2001
Resource 21-C, -D (Resource 21)			2001
EROS-B6 (West Indian Space)			2002
XSTAR-B (Matra-Marconi)			2002
GEROS-V, VI (Société GER)			2002
EROS-B6 (West Indian Space)			2003

*Note:* Exp: mission expérimentale; SWIR: infrarouge de courte longueur d'onde; VNIR: visible et proche infrarouge; PAN: panchromatique; SAR(X): radar à antenne synthétique à bandes X; MV: hyperfréquences; H: capteur hyperspectral. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de bandes spectrales.

“Lorsque cela est possible, les caractéristiques des capteurs sont indiquées.

8. Les satellites d'observation de la Terre de la prochaine génération surveilleront la structure et la chimie de l'atmosphère, les océans, la surface terrestre et la végétation avec un degré de détail et de précision sans précédent. Ces observations contribueront à l'évaluation globale de l'état du système terrestre et à l'identification de la nature et des causes des changements naturels et anthropiques du système global.

9. Avec l'accessibilité croissante à un vaste choix de données satellites, le concept de fusion des données va devenir de plus en plus admis. Plutôt que d'utiliser les données provenant d'un seul et unique système, selon une seule et même résolution et à une seule et même date, ce qui peut ne pas satisfaire entièrement les besoins de l'utilisateur, on intégrera des ensembles de données. Des programmes informatiques permettant d'optimiser l'extraction des informations nécessaires à des applications spécifiques vont faire leur apparition.

## **II. APPLICATIONS DE LA TÉLÉDÉTECTION ET AVANTAGES QUI EN DÉCOULENT**

### **A. Besoins en information**

10. La population de la planète, estimée actuellement à environ 6 milliards d'individus, s'accroît rapidement, au rythme de 250 000 personnes par jour, pour l'essentiel dans les pays en développement. Cette croissance exerce des contraintes considérables sur les ressources disponibles et contribue à un certain nombre de grands problèmes écologiques. La solution réside dans une meilleure gestion des ressources terrestres et de l'environnement, basée sur une connaissance adéquate de l'état des surfaces émergées et immergées et de l'atmosphère. Les informations obtenues par télédétection par satellite peuvent apporter une contribution considérable à l'acquisition de ces connaissances et, par conséquent, à une meilleure gestion des ressources limitées.

11. La télédétection, qui constitue un progrès appréciable pour les besoins en information, se conçoit comme un instrument complémentaire d'autres moyens d'acquisition de données spatiales. Les autres sources de données, notamment les cartes, les photographies aériennes, les rapports, les statistiques, les données chronologiques et les informations communiquées par les propriétaires fonciers, doivent être prises en considération dans la collecte des données. Les données recueillies sur le terrain, par avion ou engin spatial, ne présentent une utilité que si elles répondent à un besoin d'informations pour un coût acceptable pour l'utilisateur, qu'il s'agisse d'un particulier, d'un établissement, d'un pays ou une organisation internationale. La télédétection, lorsqu'on en connaît les avantages et les inconvénients, permet de concevoir des stratégies dans le cadre desquelles elle constitue un atout sur le plan du rapport coût/efficacité.

12. C'est avant tout pour orienter les décisions dans plusieurs secteurs déterminants que nombre de pays en développement ont des besoins en matière d'information. Ces secteurs sont en général: a) les ressources naturelles (notamment l'agriculture, la foresterie, l'exploitation des ressources minières, l'eau et la pêche); b) l'environnement; c) les ressources humaines (dont l'enseignement et la santé); d) la prévention des catastrophes naturelles et des conflits et l'intervention nécessitée par ces problèmes; et e) la prévention de la criminalité. Des applications fructueuses de télédétection ont été mises au point dans chacun de ces secteurs de développement; elles apportent à la société un certain nombre d'avantages, directs et indirects.

### **B. Les avantages spécifiques de la télédétection par satellite**

13. La télédétection par satellite présente, par rapport aux autres moyens de collecte de données, comme les études aériennes ou au sol, des avantages irremplaçables qui en font un instrument idéal pour remplir certaines missions d'information. Ces avantages tiennent, d'une manière générale, aux aspects suivants:

- a) Le coût plus modique de l'obtention des images;
- b) La vitesse et la relative facilité d'obtention des images depuis l'espace;
- c) La fréquence élevée de la collecte de données, qui donne une information à jour;
- d) L'homogénéité de la collecte de données grâce à l'utilisation d'un seul instrument de saisie opérant sur de grandes surfaces;
- e) L'amélioration de la couverture des données, en particulier pour les régions lointaines ou étendues;
- f) La continuité spatiale des observations.

14. La télédétection par satellite présente des avantages non seulement dans le cas d'une aire géographique étendue (par exemple à l'échelle d'un pays), comme c'est traditionnellement le cas, mais aussi pour des zones

relativement restreintes, de quelques kilomètres carrés, comme le démontre l'apparition récente des satellites commerciaux de télédétection à haute définition. Ces systèmes commerciaux s'adressent en particulier à des utilisateurs ayant besoin d'informations portant sur des aires relativement limitées, pour lesquelles les acquisitions de données, notamment les acquisitions multiples, ne seraient pas rentables avec un aéronef en raison de l'importance des frais fixes qu'entraînent de telles missions. Par comparaison, on considère qu'en Amérique du Nord, une représentation cartographique orthogonale obtenue à partir d'images satellite d'une définition de l'ordre des deux mètres coûte en moyenne 50 à 60 % de moins qu'une même représentation établie par photographie aérienne. En Chine, une étude comparative entre prise de vue aérienne et télédétection par satellite pour la représentation cartographique d'une zone de 608 000 hectares a fait apparaître que la télédétection par satellite apporte une économie de 55 % pour ce qui est de l'acquisition et de 66 % pour ce qui est des coûts en main-d'œuvre. En Inde, le recours à la télédétection par satellite pour la réalisation d'une cartographie intégrée des ressources a apporté une économie moyenne de 52 % par rapport aux procédés classiques (par photographie aérienne). Des exemples concernant le secteur de l'agriculture au Royaume-Uni font apparaître dans le cadre des programmes d'observation un rapport coûts-avantages de 1 à 10 avec la télédétection par satellite.

15. La plupart des systèmes de satellites non commerciaux permettent d'obtenir couramment des images d'importantes régions de la Terre. Les données archivées constituent une source précieuse d'informations suivies permettant de procéder à des études rétrospectives (séries chronologiques), notamment pour déterminer l'origine d'une pollution marine ou la vitesse d'épuisement d'une ressource. Les archives d'images satellites peuvent désormais être consultées aisément à distance, grâce au développement des systèmes informatiques et de l'Internet, qui améliorent l'accès pour les usagers dans le monde entier. On peut citer parmi les sites d'intérêt du World Wide Web: ceux du centre d'observation de la Terre ([www.ceo.org](http://www.ceo.org)); du Comité sur les satellites d'observation de la Terre ([ceos.esrin.esa.it/dossier/](http://ceos.esrin.esa.it/dossier/)); celui de Satellite Active Archive ([www.saa.noaa.gov](http://www.saa.noaa.gov)); et de l'Institut européen de recherche spatiale (<http://sharkl.esrin.esa.it/informations.html>).

16. La présentation numérique et la couverture synoptique qu'offrent les satellites de télédétection facilite le traitement des images en produits répondant à des besoins divers. Il est facile d'extraire des images se rapportant à toute une série de formats (par exemple un site, un feuillet cartographique standard, un État ou un pays entier) ou bien de créer de telles images par mosaïque. Cette caractéristique permet, par exemple, d'élaborer à partir de la même série d'images source des produits à valeur ajoutée d'application immédiate en SIG répondant aux besoins spécifiques de divers groupes d'usagers. Cette particularité favorise les économies d'échelle, l'établissement de prix compétitifs et la consolidation de l'avantage coût-efficacité de l'acquisition de données par satellite.

17. Il est désormais largement admis que la plupart des problèmes environnementaux ont une ampleur mondiale et font fi des frontières. Les décisions que ces problèmes appellent ne peuvent donc pas être prises isolément. Les systèmes de télédétection par satellite constituent la seule source de données offrant une visualisation globale et intégrale, véritablement en rapport avec leur étendue.

18. La télédétection à l'heure actuelle est parvenue à un stade tel que l'utilisateur final peut, avec assez de facilité et dans un délai relativement court, obtenir des images nouvelles ou d'archives de toute région géographique dans un délai relativement court, allant de quelques heures à quelques semaines. A l'inverse, l'étude par vue aérienne des mêmes surfaces peut demander plusieurs mois.

### **C. Applications**

19. Avec la diversité des sources de données-image de télédétection, pour des longueurs d'ondes et des valeurs de résolution spatiale tout aussi diverses, il existe de multiples applications des systèmes d'observation terrestre dans le domaine de la gestion des ressources naturelles, comme le fait apparaître la liste ci-après.

- a) Agriculture, par exemple dépistage des phytopathologies, évaluation des besoins en eau;

- b) Détection et localisation des incendies et autres périls;
- c) Observation et intervention en cas de catastrophes;
- d) Observation de l'environnement, notamment des fuites d'hydrocarbures et autres facteurs de pollution;
- e) Gestion des ressources côtières;
- f) Données cadastrales et autres éléments de planification urbaine et régionale;
- g) Sécurité de la navigation;
- h) Topographie à grande échelle;
- i) Observation hydrologique des zones urbaines et des bassins hydrographiques;
- j) Relèvement des infrastructures: routes, canalisations, lignes électriques et autres éléments;
- k) Évaluation censitaire, fiscale et foncière;
- l) Tourisme et loisirs;
- m) Activité économique, marketing, études de marché et démographie;
- n) Application de la loi; maintien de l'ordre et contrôle de l'application des traités.

20. L'utilité des données provenant des systèmes d'observation terrestre est directement fonction des bandes du spectre utilisées pour leur acquisition. Le tableau 5 présente des longueurs d'ondes couramment utilisées en télédétection pour toute une série de ressources terrestres, notamment celles qui présentent un intérêt particulier pour les pays en développement, comme les eaux côtières et les eaux douces, la foresterie et les ressources agricoles. Les tableaux 1 à 4 permettent une comparaison de ces longueurs d'ondes avec les bandes de spectre des détecteurs des différents systèmes satellites prévus ou envisagés et permettent ainsi d'apprécier l'utilité des différents systèmes satellites pour une application donnée. Les autres éléments entrant en ligne de compte sont notamment la résolution spatiale et la fréquence selon laquelle les images peuvent être acquises.

**Tableau 5: Longueurs d'ondes couramment utilisées dans diverses applications de télédétection**

<i>Plage de longueur d'onde</i>	<i>Domaines correspondants d'application</i>
0,40-0,50 $\mu$ m (bleu)	Pénétration et profondeur de l'eau
0,50-0,60 $\mu$ m (vert)	Épanouissement de la végétation, couleur des eaux marines
0,60-0,70 $\mu$ m (rouge)	Absorption de la chlorophylle par les végétaux sains, teneur des sols en oxyde de fer, charge des eaux en sédiments
0,70-0,90 $\mu$ m (infrarouge proche)	Comportement de la végétation saine, observation et classification des cultures, distinction de l'eau par rapport au sol, distinction de la végétation par rapport au sol, distinction des surfaces construites et des surfaces en culture
1,55-1,75 $\mu$ m (infrarouge proche)	Teneur en eau des sols
2,00-2,40 $\mu$ m (infrarouge courte longueur d'onde)	Présence de minéraux argileux

<i>Plage de longueur d'onde</i>	<i>Domaines correspondants d'application</i>
3,00-4,00 $\mu$ m (infrarouge moyen + infrarouge thermique)	Activité volcanique, feux de broussailles, feux souterrains
9,00-12,50 $\mu$ m (infrarouge lointain + infrarouge thermique)	Température des océans et des terres émergées
2,4-3,75 cm (fréquences de la bande X)	Conformation de la canopée, classification des cultures, état de la mer, vitesse des vents
3,75-7,5 cm (fréquences de la bande C)	Épaisseur des frondaisons, orientation et taille des feuilles et des branches, morphologie des végétaux, état de la mer, vitesse des vents, fuites d'hydrocarbures, reliefs terrestres, couverture des sols, bathymétrie, géologie, champs de gravité, surveillance de la glace des mers et des icebergs
15-30 cm (fréquences de la bande L)	Volume des troncs d'arbres et densité du bois, état de la mer, surface des sols, teneur en eau des sols, zones forestières d'éclaircie
30-100 cm (fréquences de la bande P)	Volume des troncs d'arbres et densité du bois, teneur en eau des sols, pénétration de la surface du sol et phénomènes subsuperficiels, pénétration de la neige

21. D'un point de vue technique et pratique, pour être productive, la télédétection dépend de plusieurs facteurs: a) maîtrise de la réponse spectrale de chacune des matières soumises à la détection; b) choix approprié des résolutions spectrale, spatiale et temporelle des données à obtenir par télédétection, compte tenu des caractéristiques des éléments ou du phénomène visé et de l'échelle de représentation; c) acquisition des images au moment le plus opportun, c'est-à-dire lorsque les paramètres à mesure se différencient le plus aisément et se prêtent donc le mieux à détection; et d) application de procédés d'interprétation appropriés, notamment des procédés visuels ou numériques et des techniques d'intégration de données/de modélisation faisant appel aux SIG.

#### **D. Apports de la télédétection à l'humanité**

22. La télédétection par satellite apporte des bienfaits considérables à l'humanité. Plusieurs exemples sont évoqués dans la présente section. Il convient en particulier de noter les applications dont l'intérêt sur les plans technique et économique découle essentiellement des avantages que cette technique présente par rapport aux autres systèmes de collecte de données. Pour certaines applications, du fait des contraintes de temps, de couverture géographique, de coût ou en raison des caractéristiques fondamentales des paramètres à mesurer, le satellite constitue le seul moyen réaliste de collecte de données. D'une manière générale, les applications rentrent dans l'une des catégories suivantes: cartographie, observation, modélisation et mesure. Les atouts que cette technique présente pour la collectivité sont présentés selon cette catégorisation.

##### *Cartographie*

23. De nombreuses activités de planification et de développement nécessitent une cartographie appropriée. Or, pour les régions en développement et même pour certains pays industrialisés, ces cartes font défaut ou sont périmées, en partie du fait du coût élevé de leur établissement selon les procédés classiques. L'accessibilité croissante de l'imagerie par télédétection satellite a désormais une incidence sur la manière dont les cartes sont établies et, en fin de compte, utilisées. Plutôt que d'extraire manuellement des données thématiques de photographies aériennes et de les présenter sous forme de cartes, l'image obtenue par satellite elle-même est orthorectifiée, annotée puis utilisée comme carte. Ce type de carte donne plus de contenu informatif et se révèle plus aisément compréhensible pour un vaste éventail d'utilisateurs présentant souvent des niveaux d'instruction variables. On l'utilise de plus en plus comme instrument direct de communication entre les différents partenaires dans le cadre des projets portant sur les ressources naturelles et l'environnement, notamment des projets impliquant des communautés rurales de pays en développement. Le haut degré de précision des relèvements qu'offre la carte orthorectifiée obtenue par un satellite

de télédétection à haute résolution fait d'une telle carte un substitut financièrement avantageux des études sur le terrain, surtout lorsqu'il s'agit de lieux éloignés et inaccessibles dont la reconnaissance au sol ou l'observation aérienne serait très difficile.

24. Un certain nombre de pays dans le monde, notamment des pays en transition vers l'économie de marché, procèdent actuellement à des réformes foncières. La propriété privée de la terre est un stimulant majeur de l'économie d'un pays, de même qu'elle est un élément déterminant du développement durable. Les techniques nouvelles et peu coûteuses de cadastrage basées sur des images haute définition obtenues par satellite et des reconnaissances sur le terrain permettent de faire face rapidement à cette énorme demande de titres fonciers pour un coût acceptable.

25. Grâce à leur grandeur de champ, les images-satellite permettent aux géologues de répertorier des caractéristiques géologiques régionales assez subtiles (comme les failles, les linéaments ou contacts géomorphologiques ou lithologiques) qui peuvent ne pas être aisément observables au sol parce qu'elles ne s'y manifestent pas de façon très évidente, mais être reconnues sur des images à petite échelle. Le repérage cartographique de telles caractéristiques facilite la reconnaissance des ressources minérales et des ressources en eau du sous-sol, qui sont souvent les unes comme les autres la clef du développement.

26. Les données topographiques, souvent indispensables aux études de planification et d'ingénierie, peuvent être dérivées d'images optiques stéréoscopiques ou d'images radar. La représentation numérique des reliefs peut être établie à partir d'images radar par satellite en appliquant les techniques de l'interférométrie ou de la radargrammétrie. Le haut degré de précision de ces systèmes permet de les utiliser dans l'observation des phénomènes précédés par des mouvements du sol, comme les irrptions volcaniques, les tremblements de terre et les glissements de terrain.

27. Dans les régions du monde où la couverture nuageuse quasi permanente empêche l'acquisition d'images-satellite optiques classiques, l'imagerie radar permet d'établir des cartes à jour au 200 millième avec un degré acceptable de précision de relèvement. On parvient à ce résultat en recourant à la triangulation en bloc et à des données orbitales de précision, sans qu'il ne soit nécessaire de procéder à des levés de terrain.

28. En agriculture, on utilise la télédétection (aussi bien de satellites optiques que de satellites radar) pour compléter les sources classiques d'information afin d'établir des statistiques au niveau national comme au niveau régional. On recourt, pour l'observation des cultures, à un système d'images optiques pour certaines dates durant la saison de culture présentant un degré de résolution spatiale plus ou moins fin ainsi qu'à l'imagerie radar. Cette technique est particulièrement utile pour des régions qui, comme les zones humides tropicales et l'Europe du Nord, sont fréquemment recouvertes d'une nébulosité masquant la surface du sol. On recourt à l'imagerie satellite, conjuguée à quelques échantillonnages au sol, pour identifier et évaluer les surfaces cultivées ainsi que les surfaces cultivables des pays constituant l'Union européenne, dans le cadre de son programme de politique agricole commune. Ce système facilite la gestion des subventions accordées aux agriculteurs en fonction des surfaces. Chaque année, quelque trois millions de déclarations de mise en culture sont enregistrées et leur exactitude doit être contrôlée avant que les récoltes ne soient réalisées. On contrôle de manière systématique environ 5 % de l'ensemble des déclarations individuelles, en utilisant les informations obtenues par télédétection par satellite ou bien par photographie aérienne ou une combinaison des deux procédés. Des systèmes comparables de mesure des surfaces mises en culture et de prévision des récoltes sont appliqués dans plusieurs autres pays, notamment en Chine, en Inde, au Maroc et au Sénégal.

29. Les cartes obtenues par télédétection par satellite se révèlent utiles dans l'optique d'un développement durable. En Inde, par exemple, on établit à partir de cette technique une cartographie des ressources naturelles en conjonction avec des données collatérales concernant les aspects sociaux, économiques, culturels, démographiques et météorologiques pour établir une représentation des secteurs géographiques à prendre en considération dans

certain plans de développement à long terme (par exemple pour l'observation des pratiques aratoires autorisées et des mesures de préservation du milieu).

30. Certaines activités agricoles ont une incidence notable sur la concentration des gaz à effet de serre et contribuent au réchauffement de la planète. La télédétection par satellite apporte une contribution irremplaçable pour la cartographie des rizières et, en conséquence, l'évaluation de leur contribution à l'émission de méthane dans l'atmosphère.

### *Observation*

31. La fréquence des passages d'un satellite au-dessus d'un site, combinée à l'aptitude, pour de nombreux capteurs, d'observer selon des angles décalés par rapport au nadir, facilite un grand nombre d'activités d'observation de la surface terrestre et des mers. Les cibles d'une telle observation sont en général des phénomènes ou des paramètres qui évoluent dans le temps.

32. L'un des éléments clefs de la notion de développement durable réside dans la connaissance de la vitesse d'épuisement des ressources existantes, cet élément permettant de formuler des stratégies appropriées de gestion. La couverture fréquente obtenue avec les satellites de télédétection sert cet objectif en fournissant des informations chronologiques sur des ressources fondamentales très diverses: la végétation (forêts et autre couvert végétal), sols et eaux de surface. En foresterie, par exemple, la télédétection facilite l'observation des surfaces de déforestation et d'afforestation, le volume de la biomasse, les phytopathologies et les ravages causés par les nuisibles et les incendies de forêt. Un tel moyen d'observation permet aux pouvoirs publics d'évaluer rapidement l'incidence des diverses mesures et de décider d'éventuelles interventions. Des images-satellite de nombreuses régions du monde, remontant jusqu'à 1972 (ou plus loin, dans le cas des images obtenues à des fins militaires) sont conservées dans les archives des différents exploitants ou organismes exploitant des satellites. Elles constituent une source précieuse de données pour des études nécessitant l'analyse chronologique de phénomènes régionaux diffus, comme par exemple la déforestation, l'érosion des côtes ou les variations de niveau des nappes d'eau.

33. On a pu établir une corrélation entre, d'une part, la température de surface et la couleur des océans et, d'autre part, les zones de pêche au rendement le plus élevé. Les données chromatiques sont couramment utilisées pour rechercher les zones océaniques faisant l'objet de phénomènes de remontée de masses d'eau relativement froides riches en phytoplancton. Ce type d'information est transmis pratiquement en temps réel aux flottes de pêche qui les exploitent et accroissent ainsi leur rentabilité. Malheureusement, la plupart des unités de pêche des pays en développement ne sont pas assez importantes ou assez bien équipées pour tirer parti de cette possibilité. L'observation chronologique de la couleur des eaux marines permet également d'identifier les régions les plus exposées à des risques de dégradation par pollution et nécessitant, par conséquent, une protection. Les données obtenues par télédétection permettent également d'identifier les zones de prolifération des algues et les zones de pêche côtière menacées par la pollution de sources terrestres ou les sites de reproduction menacés de destruction, tels que les sites uliginaires. L'acquisition systématique d'images-satellite de zones exposées à des risques en raison de l'importance du trafic maritime est utile pour la détection des traînées de pollution et l'analyse de leur trajectoire. Ces données sont également utiles pour évaluer l'impact de la pollution sur le milieu marin et le littoral. Dans certains pays, comme l'Indonésie, la télédétection est utilisée de manière systématique pour observer la croissance des récifs coralliens et pour évaluer les réserves halieutiques.

34. Dans les situations de catastrophes – tremblements de terre, ouragans, inondations – la disponibilité immédiate d'images à jour permet aux organismes d'intervention de connaître les zones ayant subi de plus grands dégâts et les besoins, leur permettant ainsi de planifier et mettre en œuvre de manière efficace les mesures d'intervention. Ce type d'information est également utile aux compagnies d'assurance, pour régler rapidement les indemnités de sinistres subis par les habitations ou les récoltes. En cas de catastrophes dues aux intempéries, la météorologie par satellite permet de mieux comprendre les systèmes météorologiques et d'améliorer ainsi l'alerte. La télédétection par satellite facilite l'observation courante de l'amplitude des crues annuelles, la cartographie des

zones inondables et la conception des mesures permettant d'en atténuer les conséquences. D'une manière générale, un réseau d'observation synoptique basé au sol n'est pas suffisant pour la veille météorologique, du fait de la faible densité des points d'observation. En revanche, une plate-forme d'observation spatiale offre une vaste couverture des zones terrestres et marines et n'est pas limitée par des facteurs qui sont normalement un handicap pour l'observation au sol.

35. Il existe désormais des stations terrestres peu coûteuses de réception des informations météorologiques provenant de satellites à orbite polaire ou géostationnaires, qui sont financièrement à la portée de la plupart des pays en développement. L'imagerie satellite permet, dans certains de ces pays, d'identifier les zones qui vont être touchées par des cyclones et facilite la diffusion des messages d'alerte. De cette manière, la télédétection permet d'épargner quantité de vies humaines grâce à une alerte suffisante pour assurer en temps utile l'évacuation des populations et des troupeaux. Les alertes suffisamment précoces permettent également de prendre d'autres mesures de prévention, comme le rappel au port des bateaux de pêche, l'avancement de la récolte des cultures et la protection des réserves hydrologiques. Les autres avantages de l'observation météorologique par satellite sont notamment l'amélioration de la sécurité aérienne et la détection plus précise des tempêtes de poussière ou de sable ainsi que des traînées de cendres volcaniques.

36. L'observation des cultures d'une exploitation agricole par l'imagerie haute définition permet d'identifier les zones subissant un manque d'eau, nécessitant un épandage d'engrais ou contaminées par des maladies assez longtemps avant que les végétaux ne commencent à en pâtir visiblement. Elle permet ainsi une répartition optimale de l'irrigation, génératrice d'économies et d'amélioration des rendements. Elle évite aussi une utilisation excessive des engrais, source potentielle de dégradation de l'environnement.

37. La facilité d'accès aux observations terrestres ouvre désormais des perspectives nouvelles de plus grande ouverture sur le plan social et le plan politique. Les États peuvent ainsi acquérir légalement des informations permettant de prendre en temps utiles des décisions opportunes pour la sécurité du pays. On évoquera à ce propos les phénomènes écologiques concernant des pays voisins ou bien les litiges territoriaux. La télédétection constitue, dans ce domaine, un moyen impartial pour régler d'éventuels contentieux.

### *Modélisation (prévision)*

38. La plupart des données fournies par les satellites de télédétection sont facilement disponibles sous forme numérique. De nombreux algorithmes de classification ont été élaborés, qui permettent de transformer les données numériques automatiquement en informations thématiques exploitables. Cette transformation facilite l'intégration des informations obtenues par télédétection aux SIG. Ces derniers sont maintenant largement utilisés, non seulement comme bases de données servant au stockage et à la recherche d'informations sur l'espace, mais aussi comme outil interactif de gestion pour analyser des solutions de remplacement en matière d'affectation des ressources. Le logiciel SIG permet aujourd'hui de réaliser différents types de modélisations et de faire des prévisions à partir des informations contenues dans une base de données sur l'espace. Pour certaines applications, la base de données peut consister en des séries chronologiques d'informations obtenues principalement grâce aux satellites de télédétection.

39. Les images-satellite diachroniques (optiques ou radar) de cultures à différents stades de leur évolution sont utilisées, avec d'autres types d'informations telles que des données concernant la météorologie ou l'état des sols, pour élaborer des modèles en vue de prévoir la récolte, plusieurs semaines à l'avance. Cette application peut être particulièrement précieuse dans certains pays en développement où aucune étude fiable n'a été menée dans le domaine agricole. Les prévisions sont utiles pour fixer les prix, pour disposer de données indispensables pour les assurances- récoltes, et pour prendre en temps voulu des dispositions relatives au stockage, à l'importation, à l'exportation et à la distribution locale des produits agricoles. Être en mesure de prévoir une faible récolte (conséquence d'une sécheresse, par exemple) donnerait le temps de mettre en œuvre les mesures appropriées qui s'imposent. Ce sont pour ces raisons que des programmes tels que le système d'alerte rapide aux risques de famine (FEWS) sont mis en place dans un certain nombre de pays africains en développement.



40. Les données obtenues par la surveillance régulière de la température superficielle de la mer et de l'élévation de son niveau grâce aux satellites d'observation de la terre sont utilisées pour prévoir la manifestation, dans l'océan Pacifique, du phénomène El Niño, cause de conditions climatiques anormales en Amérique du Sud, en Asie et en Afrique. Des prévisions de ce type sont utiles en ce sens que les éventuelles incidences négatives sur les activités humaines, dont l'agriculture, peuvent être anticipées.

41. Les données obtenues par télédétection servent, en association avec d'autres informations contenues dans les SIG, à analyser les relations qui existent, dans le temps et dans l'espace, entre les caractéristiques géographiques qui conditionnent la transmission des maladies et la distribution géographique des maladies infectieuses nouvelles ou qui refont leur apparition. Ces analyses permettent d'élaborer des instruments de prévision par télédétection des risques sanitaires qui peuvent être utilisés sur de grandes étendues pour lesquelles on ne dispose pas de données de terrain. Elles ont récemment servi à repérer les rizières californiennes où se multipliait l'anophèle, à prévoir la quantité de moustiques à laquelle on devait s'attendre dans plusieurs villages du Chiapas (Mexique), à mesurer le degré d'exposition au risque de contracter la maladie de Lyme aux États-Unis, et à étudier le choléra au Bangladesh, la leishmaniose au Brésil, les maladies à vecteur dans le Sud-Est de la Turquie et l'encéphalite équine au Venezuela.

42. Les images-satellite des surfaces de couverture neigeuse servent à élaborer des modèles hydrologiques et prévoir les ruissellements qui se produiront à la fonte des neiges, ce qui permet de mieux gérer l'irrigation des zones cultivées situées en aval des bassins hydrographiques.

43. Les informations sur les vagues et les vents recueillies sur le long terme grâce aux satellites ERS servent à déterminer a priori et a posteriori l'état de la mer. Les observations a posteriori permettent de confirmer quelles étaient les conditions océaniques et climatiques à un endroit et à un moment donnés. Les compagnies d'assurance exploitent ces informations pour analyser les risques et régler les demandes d'indemnités. Les satellites radar permettent aussi de mieux surveiller les glaces de mer et les icebergs dans l'optique d'activités en mer ou pour établir l'itinéraire des navires dans les régions polaires. Les bases de données contenant des informations obtenues par observation des glaces de mer sur un temps long permettent de définir des paramètres pour la conception des navires et les plates-formes, et de choisir les meilleurs itinéraires maritimes.

44. L'augmentation, à l'échelle mondiale, de la demande d'eau potable, du fait de la croissance démographique et de la plus grande consommation d'eau qui est faite sur l'ensemble de la planète, rend plus indispensable encore l'évolution et la gestion des ressources en eau. Les satellites de télédétection fournissent des données sur diverses variables hydrologiques (pluies, humidité des sols, évaporation et neige, par exemple) à une échelle satisfaisante pour procéder à des évaluations. Les systèmes satellites les mieux adaptés pour évaluer les ressources en eau sont avant tout météorologiques, à orbite polaire (type NOAA, mission d'observation des précipitations tropicales ou TRMM) ou géostationnaire (comme METEOSAT, GMS ou GOES). En outre, les systèmes satellites radar (voir tableau 2) qui permettent d'obtenir des informations sur l'humidité des sols, et les systèmes optiques (voir tableau 3) qui fournissent des données utiles pour la modélisation des ruissellements et la modélisation hydrologique sont indispensables pour réaliser une évaluation valable. L'évaluation des ressources en eau grâce aux satellites est particulièrement importante pour les régions du monde où il n'existe pas de véritables réseaux d'étude hydrologique et climat climatologique.

45. La prévision des sécheresses est grandement facilitée par l'étude des sécheresses passées et actuelles. Les sécheresses tendant à affecter des zones étendues, leur observation devrait se faire à une échelle correspondante. Il n'est généralement pas nécessaire d'avoir une résolution spatiale très fine, mais il est important d'observer de façon régulière quelles sont les répercussions des sécheresses. Le système NOAA-AVHRR est particulièrement adapté pour surveiller les sécheresses, puisqu'il opère sur les bandes spectrales nécessaires à la surveillance quotidienne de surfaces importantes. On peut prévoir l'arrivée d'une sécheresse pour une année donnée en comparant l'évolution des indices de végétation obtenus grâce aux satellites pour l'année en question à celle caractéristique d'une année normale. Cette capacité d'alerte a permis aux autorités de certains pays en développement où les précipitations annuelles sont très variables d'atténuer les effets de la sécheresse en redistribuant en conséquence

des vivres pour les habitants et du fourrage pour le bétail. Le système "Artemis" d'alerte précoce pour l'Afrique mis en place par la FAO repose sur cette capacité et sur le recours à des indices de végétation et à des paramètres relatifs à la persistance de la couverture neigeuse, deux types de données obtenues grâce aux satellites de télédétection. Le coût de la réception et de l'exploitation des données obtenues grâce aux satellites NOAA est faible. Il peut donc s'agir là, pour les pays en développement, d'un moyen peu onéreux de faire progresser, au niveau local, les connaissances relatives à l'utilisation des systèmes d'observation de la terre en vue de la gestion des ressources.

### *Mesures (détection)*

46. La qualité multispectrale de la plupart des images satellites permet d'identifier et de distinguer une grande variété de caractéristiques géographiques, du fait des réactions différenciées selon les zones du spectre des ondes électromagnétiques (qui va généralement du visible au proche infrarouge, à l'infrarouge de courte longueur d'ondes, à l'infrarouge moyen, à l'infrarouge thermique et aux micro-ondes). Cette particularité permet de détecter les divers éléments intéressant la gestion des ressources naturelles, comme les points d'eau, les zones humides, les marées noires, les efflorescences algales, les déversements d'eau chaude depuis les centrales électriques, les modifications géologiques qui témoignent d'une minéralisation, les oxydes de fer qui sont à l'origine d'écoulements acides depuis les mines, les maladies des forêts et les zones de salinisation des espaces cultivés. Des images aériennes pourraient aussi être utilisées dans ces cas précis, mais recueillir des données d'une qualité comparable aurait un coût considérablement plus élevé.

47. Les détecteurs embarqués opérant sur un nombre de bandes spectrales beaucoup plus important que le maximum de sept bandes actuellement possible sur la plate-forme spatiale LANDSAT 5 ont été élaborés depuis maintenant un certain temps. Cependant, la résolution radiométrique des détecteurs à bord des satellites s'améliore. L'engin spatial EO-1, dont le lancement est prévu en 1999 (voir tableau 3), emportera deux détecteurs expérimentaux opérant respectivement sur 233 et 309 bandes spectrales étroites couvrant un domaine spectral de 0,4 à 2,5 microns, et capables d'une résolution spatiale de 30 m. L'infortuné engin spatial Lewis, lancé en août 1997, emportait à son bord un détecteur hyperspectral capable d'obtenir des images sur 384 bandes. Les images hyperspectrales permettraient, par exemple, non seulement de détecter des problèmes dans les cultures, mais aussi d'en déterminer l'ampleur et la cause. Ces problèmes peuvent être dus à toute une gamme de facteurs, y compris un excès ou un manque d'engrais, ou un mauvais arrosage.

48. Outre les détecteurs à résolution radiométrique améliorée, on conçoit aussi actuellement des détecteurs à la dynamique de plus en plus importante, ce qui permet une meilleure mise en valeur des contrastes et, partant, une plus grande capacité à tirer de ces images des informations, en particulier lorsque l'observation s'est faite sous faible éclairage. Au moins un des systèmes qui seront proposés dans le commerce aura une gamme dynamique de 11 bits (2 048 niveaux), comparés à 8 bits (256 niveaux) pour la plupart des satellites actuels d'observation des ressources terrestres actuelles.

## **III. COOPÉRATION INTERNATIONALE**

### **A. Programmes mondiaux relatifs à l'environnement**

49. Il y a aujourd'hui, partout, une meilleure prise de conscience de l'influence générale de l'activité humaine sur les conditions de vie sur Terre, et de la nécessité d'appliquer les mesures qui s'imposent pour s'attaquer aux problèmes complexes et interdépendants qui découlent de l'activité humaine. Les sujets de préoccupation les plus importants font ressortir la nécessité de gérer les ressources terrestres et l'environnement dans une perspective à long terme. Ces problèmes sont, entre autres, ceux qui se rapportent a) à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique; b) à la déforestation; c) à la destruction des pêcheries; d) à la dégradation des terres et la désertification; e) à la progression des maladies et des ravageurs; f) à l'amoinissement de la diversité biologique; g) à l'accès limité à l'eau douce; et h) au réchauffement rapide de la planète du fait de l'utilisation de combustibles

fossiles et aux problèmes qui en découlent (comme l'augmentation de la température et du niveau de la mer, l'évaporation plus importante et les perturbations des cycles de précipitations se traduisant par une plus grande fréquence des inondations et des sécheresses).

50. Il existe maintenant concernant l'environnement des accords internationaux, des programmes de surveillance et de recherche et des systèmes d'observation mondiaux. Parmi les accords, citons le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, conclu à Montréal le 16 septembre 1987, la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement de 1992<sup>2</sup>, la Convention sur la diversité biologique de 1992, la Déclaration de principes non juridiquement contraignante mais faisant autorité, pour un consensus global sur la gestion, la conservation et l'exploitation économiquement viable de tous les types de forêts de 1992<sup>4</sup>, la Convention-cadre sur les changements climatiques de 1994 (A/AC.237/18(Part II)/Add.1 et Corr.1, annexe I) et la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique, de 1994 (A/49/84/Add.2, annexe, appendice II). Les programmes internationaux de surveillance et de recherche sont Earth Science Enterprise (ESE), le Programme international concernant la géosphère et la biosphère (PIGB), le Programme mondial de recherches sur le climat (TNRC), le Programme "DIVERSITAS" et le Programme international sur la dimension humaine des modifications de l'environnement (IHDP); ils sont consacrés à l'étude de divers aspects de l'environnement mondial. La collecte d'informations par télédétection est cruciale pour la réussite de ces programmes. Trois systèmes mondiaux d'observation de la planète associant les mesures sur le terrain et par télédétection, et facilitant la collecte et l'échange de séries de données, ont récemment été mis en place. Ce sont le Système mondial d'observation du climat (SMOC) lancé par le PNUE, la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, l'OMM, et le CIUS; le Système mondial d'observation des océans (SMOO) en cours d'élaboration par le PNUE, la COI/UNESCO, l'OMM et le CIUS; et le Système mondial d'observation terrestre (SMOT) élaboré par le PNUE, la FAO, l'UNESCO, l'OMM, et le CIUS<sup>5</sup>.

## **B. Formation et transfert de technologie**

51. Plusieurs pays ont passé des arrangements bilatéraux afin d'assurer aux pays en développement un minimum de formation et de transfert de technologie s'agissant des technologies de télédétection par satellite. Différentes agences spatiales, des cercles scientifiques de professionnels, des universités (dont l'Université internationale de l'espace), des commissions régionales de l'ONU et le Programme d'application des techniques spatiales du Bureau des affaires spatiales proposent aussi régulièrement aux pays en développement des offres de formation sous forme de bourses, d'ateliers, de conférences, de réunions d'experts et de brefs stages. Le programme d'application des techniques spatiales est financé par les États Membres qui organisent les événements ainsi que divers parrains, dont des organisations recevant des fonds publics ou appartenant au secteur privé et ayant des activités dans le domaine spatial.

52. Un certain nombre de centres régionaux de formation à la science et aux technologies spatiales sont actuellement mis en place aux quatre coins du monde en développement, ce avec l'aide du Bureau des affaires spatiales. Le premier de ces centres, créé en 1996 en Inde, dessert les pays d'Asie et du Pacifique. On s'efforce maintenant de mettre en place des centres régionaux analogues en Afrique, en Amérique latine, en Europe orientale et en Asie occidentale. Outre qu'ils encouragent la coopération Sud-Sud, ces centres contribuent à la formation d'experts locaux et, à terme, au succès des programmes de transfert de technologie.

## **C. Coordination des activités d'observation de la Terre au niveau international**

53. Au vu du nombre croissant de satellites et de la nécessité de fournir aux utilisateurs finals les informations dont ils ont besoin, il est apparu clairement qu'il fallait améliorer la coordination des activités relatives aux satellites d'observation de la Terre. La Stratégie mondiale intégrée d'observation (IGOS), élaborée par le Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CEOS), vise spécifiquement à proposer un cadre au regroupement des

observations faites depuis l'espace ou sur le terrain en vue de satisfaire les besoins des systèmes mondiaux d'observation (SMOC, SMOO, SMOT) et des programmes de recherche mondiaux et régionaux.

#### **D. Accès aux données au niveau international**

54. Il est indispensable que la communauté scientifique mondiale puisse obtenir les données dont elle a besoin pour s'attaquer aux problèmes mondiaux relatifs à l'environnement. Plusieurs programmes internationaux ont mis en place des systèmes d'information par Internet grâce auxquels les utilisateurs du monde entier peuvent accéder aux données. Parmi ces systèmes, on compte dorénavant le système d'observation de la Terre-système de données et d'information (EOS-DIS), le système mondial d'information terrestre (GLIS), le système européen d'observation de la Terre (EEOS), le système de données et d'information sur l'observation de la Terre (EOIS), le service d'accès aux informations relatives à l'environnement (GELOS) et l'International Directory Network du CEOS (CEOS-IDN). Les agences spatiales et agences de télédétection nationales mettent au point leurs propres réseaux interexploitables (par exemple CEONet au Canada) pour assurer l'accès aux données nationales et internationales de sources diverses. Accéder à ces systèmes d'information suppose une connexion à Internet.

### **IV. QUESTIONS INTÉRESSANT LES ÉTATS MEMBRES**

#### **A. Transfert effectif de techniques opérationnelles**

55. Un certain nombre d'obstacles empêchent d'utiliser les données obtenues par télédétection, en particulier dans les pays en développement, à savoir les coûts d'achat, d'acquisition et de traitement des données, ainsi que la faible proportion de personnel ayant reçu une formation professionnelle suffisante aux techniques, à la gestion de projets et à la recherche, le manque de connaissances des utilisateurs potentiels et la rigidité de la gestion actuelle des ressources. En conséquence, seuls quelques pays en développement utilisent actuellement de manière optimale les données obtenues par télédétection. On considère que l'absence de dispositifs adaptés pour le transfert des technologies est un obstacle majeur à l'utilisation de ces données. S'il est vrai que de nombreux équipements, capteurs et systèmes d'analyse d'images sont directement transférés, les transferts devraient également permettre l'assimilation des technologies par le pays bénéficiaire.

56. Pour assurer l'efficacité des transferts de technologies, l'enseignement et la formation sont nécessaires à certains niveaux, de manière à couvrir tout un éventail d'activités allant de la recherche à l'appui technique. Si les effectifs nécessaires pour la recherche sont relativement faibles par rapport à ceux des techniciens, on ne dira jamais assez que les pays en développement ont besoin de se doter rapidement de structures locales et autonomes de recherche. De telles structures favorisent la créativité et permettent au pays d'adapter ou de modifier les nouvelles techniques, voire d'en créer d'autres, et de contribuer ainsi au développement national. Afin de développer le plus possible la recherche, il serait peut-être utile d'envisager la création de pôles de recherche rattachés aux universités, dans lesquels un "effectif minimum" de scientifiques et de technologues sera un élément moteur pour maximiser le rendement des investissements en matière de recherche-développement.

57. À ce jour, les pays ne se sont guère efforcés de déterminer les ressources humaines et les programmes éducatifs dont ils ont besoin. L'enseignement et la formation sont dispensés au coup par coup, dans le cadre de divers projets financés par des organismes d'aide, des banques et des agences bilatérales ou multilatérales. Dans l'ensemble, ils sont destinés au personnel spécialisé et visent généralement des applications concrètes. Sans la recherche ou l'appui technique, les technologies transférées finissent par périr et ce personnel hautement qualifié cherche d'autres possibilités de carrière, quand ils ne quittent pas leur pays.

58. Les équipements servant au transfert du savoir-faire liés aux différentes applications de la télédétection ne sont plus inabornables. Toutefois, les transferts ne peuvent aboutir sans les fonds nécessaires. C'est pourquoi de nombreux pays en développement ont dû faire appel à plusieurs agences bilatérales ou multilatérales pour obtenir

une aide financière ou autre. Or, les activités générées par ces agences ne sont généralement pas coordonnées au point que, dans de nombreux cas, des projets et des programmes similaires font double emploi. De plus, il est à noter que les domaines sur lesquels ces agences font porter leur action ne satisfont pas nécessairement la totalité des besoins du pays en matière de télédétection ou sont parfois d'une importance secondaire. En conséquence, s'il est vrai que le financement international est souhaitable voire nécessaire, chaque pays doit s'attacher encore davantage à déterminer ses propres besoins et à assurer une meilleure coordination par l'intermédiaire de comités nationaux. Chaque pays doit évaluer ses besoins financiers et mesurer les avantages de chaque possibilité de financement compte tenu des besoins nationaux. Il faut bien se garder des propositions de financement qui imposent au pays bénéficiaire l'utilisation de certains équipements et de certaines méthodologies. À long terme, celles-ci risquent d'entraîner des coûts de maintenance élevés, de limiter les choix pour l'avenir et de donner lieu à des transferts de technologies inadaptées.

## **B. Accès aux données**

59. Il est indispensable que les pays aient accès aux données obtenues par télédétection pour pouvoir développer leurs propres compétences en la matière. Si un dispositif national de réception ainsi qu'un mécanisme approprié de distribution des données peuvent être créés à cette fin, de tels équipements ne seront probablement pas abordables ni même utiles pour tous les pays. De nombreux pays jugent bien plus important de déterminer comment accéder à moindres frais aux données dont ils ont besoin.

60. L'apparition de fournisseurs commercialisant les données obtenues par télédétection laisse prévoir une augmentation du nombre de données disponibles, qui permettrait de répondre à une multitude de besoins. Toutefois, dans certains pays en développement, les utilisateurs n'auront probablement pas les moyens de payer le prix fixé pour ces données.

61. La tarification des données dans les systèmes de télédétection subventionnés par les gouvernements varie considérablement. Deux principaux facteurs diamétralement opposés influent sur la fixation des prix: d'une part, le coût abordable des données et, d'autre part, la viabilité des programmes de télédétection. Distribuer les données gratuitement ou à bas prix n'est possible qu'avec le financement durable des gouvernements. Soumettre la distribution des données entièrement en jeu de l'offre et de la demande ou fournir ces données au prix réel exclurait les utilisateurs disposant de budgets modestes. D'autres types de tarification ont été proposés, tels qu'un système à deux niveaux ou une tarification fondée sur la valeur des informations tirées des données obtenues par télédétection. La solution idéale semble être la vente de données en gros à de faibles prix unitaires, ce qui permettrait aux utilisateurs d'accéder à des données bon marché et aux fournisseurs de dégager des recettes importantes, grâce auxquelles ils pourraient poursuivre leurs programmes de télédétection. Il faut élaborer les politiques et mécanismes permettant d'atteindre progressivement cet objectif.

## **C. Mise en place de services d'exploitation en matière de télédétection**

62. Si le volume des données obtenues par télédétection s'est sensiblement accru, il n'en a pas été de même du nombre des applications liées à ces données, en particulier en matière d'exploitation et de commercialisation. Même les pays industrialisés ont jugé nécessaire d'élaborer des programmes nationaux pour favoriser la mise au point d'applications. L'exploitation de l'espace n'est donc pas seulement fonction des moyens techniques disponibles pour traiter des données et fabriquer un produit. À l'heure actuelle, la plupart des activités de télédétection se limitent à la mise au point de capacités techniques pour acquérir et traiter les données et à la réalisation d'expériences. Or, pour promouvoir efficacement les techniques spatiales, il faut investir davantage dans les étapes qui suivent la création des applications, à savoir dans la fourniture de services pendant la phase pilote, puis pendant la phase précédant l'exploitation de manière à satisfaire aux exigences des utilisateurs, et enfin, pendant l'exploitation, en intégrant pleinement ces services dans l'environnement de l'utilisateur.

63. Afin d'accroître l'utilisation des informations obtenues par télédétection, il faut avant tout trouver de nouvelles solutions permettant d'exploiter plus efficacement les données disponibles dans un éventail plus large d'applications. Pour ce faire, il sera nécessaire de concevoir de nouveaux logiciels d'analyse, de visualisation et d'affichage. Il faudra également redoubler d'efforts pour former les utilisateurs potentiels de ces données.

#### **D. Élaboration de programmes spatiaux appropriés au niveau local**

64. De nombreux obstacles empêchent certains pays en développement d'utiliser davantage la télédétection. Il convient de trouver des solutions adaptées pour les surmonter. Parmi les mesures qui permettraient d'élaborer des programmes spatiaux au niveau local et offrirait des possibilités de coopération internationale, on pourrait: a) mieux faire connaître, au niveau local, les techniques spatiales et leurs avantages; b) renforcer les programmes de formation et de transfert des technologies, notamment l'échange de données d'expérience entre pays en développement; c) élaborer, au niveau national, des cadres et des dispositions réglementaires appropriés dans le domaine spatial; d) développer le secteur privé local de la télédétection; e) mettre en place des centres nationaux de liaison chargés de promouvoir la télédétection en fonction des besoins réels; f) promouvoir la télédétection dans les universités et offrir un choix plus vaste de formations courtes et longues\*; et g) inciter les gouvernements à considérer les techniques spatiales comme des moyens privilégiés de satisfaire les besoins de leur pays en matière de développement.

#### *Notes*

<sup>1</sup>Les différentes valeurs de résolution spatiale sont classées comme suit: très faible  $\geq 300$  m; faible  $\geq 30 < 300$  m; moyen  $\geq 3 < 30$  m; élevé  $\geq 0,5 < 3$  m; très élevé  $< 0,5$  m.

<sup>2</sup>*Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, Rio de Janeiro, 3-14 juin 1992* (Publication des Nations Unies, numéro de vente: F.93.I.8 et Corr.), vol. I: *Résolutions adoptées par la Conférence*, résolution I, annexe I.

<sup>3</sup>Voir Programme des Nations Unies pour l'environnement, *Convention sur la diversité biologique* (Environmental Law and Institutions Programme Activity Centre), juin 1992.

<sup>4</sup>Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement..., annexe III.

<sup>5</sup>Voir aussi document d'information n° 1 sur la Terre et son environnement dans l'espace (A/CONF.184/BP/1).

---

\*Les avantages qu'un pays peut tirer de la télédétection par satellite se mesurent en gros au nombre de spécialistes se consacrant à la cartographie et à la topographie. Une comparaison montre que les spécialistes de la cartographie dans les pays en développement sont sous-représentés – de l'ordre de sept fois au moins – par rapport aux pays industrialisés ayant une superficie et une densité de population similaires.