



20324

LES ENTRETIENS DE SEGUR

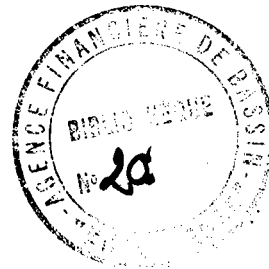
LE 22 JANVIER 1996

L'OBSERVATION PAR SATELLITE ET L'ENVIRONNEMENT

ACTES DU COLLOQUE

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT

L'observation par satellite et l'environnement



Introduction

Michèle PAPPALARDO
Directrice générale de l'Administration et du Développement,
Ministère de l'Environnement

1

Les techniques spatiales au service de l'environnement

André LEBEAU
Président du CNES

2

PREMIER THEME : ENVIRONNEMENT PLANETAIRE ET CONVENTIONS INTERNATIONALES

Le changement climatique

Gérard MEGIE
Directeur du service d'aéronomie-CNRS

7

L'utilisation des données spatiales pour la gestion des risques

Gérard TAREL
Chef de projet-Alcatel

11

La déforestation et l'évolution du couvert végétal

Francis BLASCO
Directeur du Laboratoire d'écologie terrestre
Institut de Cartographie Internationale sur la végétation

13

DEUXIEME THEME : L'ENVIRONNEMENT LOCAL ET REGIONAL : L'AIDE A LA GESTION

La gestion du littoral et des zones humides

L'apport de CORINE Land Cover

Isabelle FORGE
Institut Français de l'Environnement (IFEN)

19

La gestion des espaces protégés et la télédétection

Louis OLIVIER
Directeur adjoint du Parc National de Port-Cros

23

L'environnement urbain et la télédétection

Raymond DELAVIGNE
Directeur des études de la division environnement urbain
à Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France

26

Allocution

Corinne LEPAGE
Ministre de l'Environnement

28

La place de la télédétection dans les études d'impact

Martine CHATAIN
CETE-Lyon

32

Débat

35

DONNEES SATELLITES ET MESURES AU SOL : ACCES A L'INFORMATION POUR AIDE A LA DECISION ET EXPERTISE CONTRADICTOIRE

Table Ronde

37

Introduction

Michèle PAPPALARDO

**Directrice générale de l'Administration et du Développement,
Ministère de l'Environnement**

Je voudrais tout d'abord vous dire quelques mots sur les Entretiens de Ségur. Nous reprenons aujourd'hui une habitude, puisque neuf Entretiens ont déjà eu lieu ces dernières années sur des sujets variés comme les séismes, les zones humides ou l'algue *taxifolia*. Il convient de rappeler ici les objectifs de ces colloques : il s'agit, en un exercice de vulgarisation, de faire un bilan sur des thèmes scientifiques plus ou moins médiatiques selon les cas, en « dépassionnant » le débat, et surtout en l'élargissant auprès d'un public non scientifique (élus, associations, enfin l'ensemble des partenaires ici présents). Cette vulgarisation doit donc aller de pair avec un approfondissement du débat. Traditionnellement, nous organisons un Entretien tous les deux mois ; nous essaierons en 1996 de faire de même en organisant au moins cinq Entretiens de Ségur.

Pour traiter le thème d'aujourd'hui, l'observation par satellite et l'environnement, nous avons prévu trois grandes parties :

- ⇒ les apports de l'observation par satellite aux problèmes liés au développement global (exposés suivis d'un débat) ;
- ⇒ les perspectives apportées par ces techniques aux acteurs de terrain traitant des problèmes environnementaux locaux ou régionaux (exposés suivis d'un débat) ;
- ⇒ une table ronde plus large qui permettra de mesurer les difficultés et les limites de l'utilisation de ces techniques dans le traitement des problèmes environnementaux.

Avant que nous en venions à ces différents thèmes, je vais donner la parole au Président **Lebeau**, qui dirige le CNES, et qui a été chargé de faire un exposé sur les techniques spatiales au service de l'environnement. Je tiens à le remercier ici de sa présence parmi nous, ainsi que de la participation du CNES et de la société Spot à l'organisation de ces Entretiens.

Les techniques spatiales **au service de l'environnement**

André LEBEAU
Président du CNES

Mesdames et Messieurs, je dois dresser en une quinzaine de minutes un panorama des techniques spatiales qui sont au service de l'environnement. Pour pouvoir évoquer ce sujet immense dans le temps qui n'est imparti, je vais être obligé de simplifier les choses à l'extrême.

Pour commencer, je voudrais dire que la disposition de techniques spatiales a totalement transformé notre accès à la connaissance de la Terre et à la compréhension des phénomènes qui se déroulent à sa surface, dans son atmosphère et dans ses océans. Or cette connaissance constitue le préalable à la gestion de l'environnement et, plus généralement, à celle des ressources de la planète.

Je vais d'abord rapidement recenser les outils offerts par les techniques spatiales en la matière, puis indiquer à quoi ils donnent accès, et enfin évoquer les perspectives d'avenir que promet cette technique qui date de presque trente ans.

I. Les outils des techniques spatiales

Ils sont très variés mais l'on peut en distinguer deux grandes catégories.

⇒ **la télédétection**

Elle repose sur l'analyse des informations qu'apporte le rayonnement émis par la planète vers les instruments portés par le satellite.

⇒ **la collecte de données**

Le satellite sert ici à recevoir et à retransmettre des mesures fournies par des instruments placés à la surface de la planète.

Ces deux techniques se complètent. En effet, la collecte de données donne accès à des paramètres physiques n'ayant pas d'influence sur le rayonnement de la Terre, c'est-à-dire dépourvus de signature électromagnétique. Le satellite peut également localiser avec une extrême précision les balises porteuses de ces instruments et ainsi enregistrer par exemple les mouvements relatifs des continents ou les déformations locales de l'écorce terrestre induites par le mouvement des failles et des appareils volcaniques.

Une seconde typologie des outils peut être faite sur la base de l'orbite du satellite choisie.

⇒ **l'orbite géostationnaire**

Elle permet une surveillance continue d'un large secteur mais présente l'inconvénient de l'éloignement : cinq rayons terrestres de la surface de la Terre.

⇒ **l'orbite polaire héliosynchrone**

Elle balaye toute la surface de la planète et permet donc une observation globale de sa surface mais dans ce cas, naturellement, le satellite n'est jamais présent en permanence au-dessus d'une quelconque région du globe.

Le système météorologique opérationnel, par exemple, utilise l'une et l'autre de ces techniques, puisqu'un ensemble de cinq satellites géostationnaires permet la surveillance permanente de l'ensemble du globe alors que des satellites en orbite polaire Tiros fournissent des mesures plus précises sur toute la surface de la planète et alimentent la modélisation numérique de l'atmosphère.

Je m'attarderai un instant sur les techniques de télédétection. Celle-ci utilise des instruments de caractère commun puisque ces derniers analysent le rayonnement électromagnétique en provenance de la Terre. Mais ces rayonnements peuvent être de diverse nature.

⇒ **rayonnement d'albédo**

Il s'agit de la lumière solaire réfléchi ou rétrodiffusée par la surface de la Terre ou les nuages dans des domaines de longueur d'ondes allant du proche infrarouge au proche ultraviolet à travers tout le domaine visible.

⇒ **rayonnement propre de la Terre et de son atmosphère**

Il est analogue au rayonnement d'un fer porté au rouge mais comme la température est beaucoup plus basse, on se trouve, avec le rayonnement propre de la Terre, dans l'infrarouge lointain ou les micro-ondes.

⇒ **rayonnement émis par le satellite**

Le satellite, en quelque sorte, « éclaire » la Terre. On parle alors de télédétection active par opposition aux deux rayonnements précédents dont l'enregistrement constitue la télédétection passive.

Dans tous les cas, l'information est tout entière contenue dans le rayonnement électromagnétique reçu. Elle est extraite par une analyse conduite pour une part dans le satellite et pour une part au sol.

L'analyse du rayonnement s'exerce dans trois directions.

⇒ **analyse de ses propriétés géométriques**

On reconstitue alors une image de la région ayant émis le rayonnement (exemple : images du satellite Spot).

⇒ analyse de sa composition spectrale

Elle fournit une très grande variété de paramètres caractéristiques de la zone d'émission.

⇒ analyse du délai entre l'émission et la réception du rayonnement (télédétection active)

Elle permet de positionner la surface réfléchissante et d'analyser sa texture. Voici donc en gros les outils dont on peut disposer.

II. L'apport des systèmes spatiaux à la connaissance et à la gestion de l'environnement

Je vais ici illustrer très sommairement ce panorama abstrait par quelques exemples de systèmes déployés ou en cours de déploiement en Europe.

1. Quelques exemples de collecte de données

Voici quelques exemples de collecte de données.

⇒ les systèmes de collecte de données et de localisation

Le système le plus connu est le système Argos, porté par un satellite en orbite polaire héliosynchrone Tiros : il permet le positionnement peu précis, mais suffisant pour les besoins de la météorologie et de l'océanographie, de bouées dérivantes porteuses de systèmes de mesure. Argos connaît une très grande variété d'applications dans une très grande diversité de domaines. Actuellement, plusieurs milliers de balises Argos sont quotidiennement interrogées et positionnées par le satellite ; leur miniaturisation toujours plus grande permet actuellement le suivi des déplacements d'animaux (taille minimale actuelle : les oiseaux ; les insectes viendront peut-être un jour).

⇒ le système Doris

Cet autre système majeur de localisation possède la plus grande précision que l'on puisse actuellement obtenir. Embarqué sur Spot et Topex-Poseidon, il permet, entre autres choses, le suivi centimétrique des mouvements de l'écorce terrestre (déplacement des plaques tectoniques, déformation des appareils volcaniques).

2. Quelques exemples de télédétection

Dans le domaine de la surveillance météorologique, on peut obtenir, en superposant une image du satellite géostationnaire Météosat 3, qui fournit des images dans le visible en rayonnement d'albédo et dans l'infrarouge lointain en rayonnement propre, et le champ de vent à la surface de la mer mesuré par le diffusiomètre du satellite polaire héliosynchrone ERS porteur d'un système actif de télédétection, une parfaite image du cyclone Emily, avec une totale coïncidence entre le champ de vent mesuré et l'appareil de nébulosité s'organisant autour du cyclone. On pourrait superposer encore à cette

image le champ de vent fourni par le modèle numérique de prévision des météorologistes pour comparer la prévision à l'observation.

Un autre exemple de télédétection active, mais où l'information essentielle est le temps de trajet aller-retour du signal, nous est fourni par le satellite Topex-Poseidon, qui a produit une altimétrie générale de la surface des océans, à l'occasion d'un programme de coopération entre le CNES et la NASA. Parmi les résultats les plus spectaculaires figurent une courbe d'évolution pendant la période d'observation du niveau moyen des océans sur l'ensemble du globe, baromètre qui préoccupe ceux qui surveillent l'évolution du climat, et une analyse de la hauteur des vagues, paramètre fourni par la texture du signal qui aboutit à un diagnostic de la surface réfléchissante.

L'état de la végétation sur de vastes zones nous est tout aussi accessible que celui de la mer mais avec d'autres outils. Ainsi, un indice de végétation calculé sur l'ensemble de la zone sahélienne qui permet une étude des variabilités interannuelles a pu être calculé grâce aux satellites de la NOAA.

Enfin, si sa découverte a été effectuée grâce à des mesures au sol, le trou d'ozone peut être envisagé dans sa globalité par des satellites.

3. Le satellite, instrument privilégié des visions globales mais outil local

La vision globale des phénomènes de la planète telle qu'évoquée ci-dessus, constitue le domaine d'excellence et de prépondérance des outils de la technique spatiale. Il ne faudrait pas en conclure pour autant que ces techniques ne se montrent pas pertinentes pour aborder les problèmes locaux. En effet, on peut, moyennant une conception adéquate des systèmes de détection, obtenir des images d'une résolution très élevée (et quand on arrive aux résolutions les plus élevées on sort du domaine civil pour entrer dans celui de la défense). C'est ainsi que l'on a pu par exemple observer la transformation de la surface terrestre du fait de l'homme, avec l'évolution du site de Marne-la-Vallée lors du chantier de construction de Disneyland, et du fait de phénomènes quasi-naturels avec des inondations en Camargue provoquées par la rupture d'une digue entre le petit et le grand Rhône, et où la télédétection active du satellite ERS permet de distinguer clairement en bleu la zone inondée grâce aux images en micro-ondes fournies par un radar à système d'ouverture.

Cette énumération a pu vous démontrer la diversité des outils d'ores et déjà disponibles et celle des résultats d'ores et déjà accessibles ou acquis. Je voudrais pour terminer vous dire un mot des perspectives offertes au contrôle de l'environnement par le développement de la télédétection.

III. Les perspectives d'avenir de la télédétection à usage environnemental

Le couple **télédétection/collecte** de données, outil principal de la connaissance de l'environnement global, est amené à jouer également un rôle très important pour l'environnement local : il possède en effet un immense potentiel de progrès fondé sur le développement des techniques existantes ou sur l'apparition de nouvelles techniques, comme le sondage actif par laser. Pratiquement toute la télédétection active est

aujourd'hui effectuée par micro-ondes mais, à l'avenir, le laser infrarouge est amené à se développer dans cet usage dès que les émetteurs de cette onde auront atteint un niveau convenable. C'est ainsi que dans le domaine de la prévision du temps, on peut d'ores et déjà imaginer deux étapes de progrès :

- ⇒ un premier pas qui est presque à « portée de main » avec l'apparition d'un instrument tel que IASI qui est en cours de développement dans le cadre européen sous la maîtrise d'oeuvre du CNES et qui permettra une spectrophotométrie à très haute résolution spectrale de l'émission de l'atmosphère, ce qui représentera un progrès majeur pour la météorologie en lui donnant la possibilité d'assimiler dans ses modèles numériques de bien meilleurs paramètres atmosphériques ;
- ⇒ un deuxième pas, à échéance nettement plus éloignée, qui rendra possible l'observation de champs de vent tridimensionnels par sondage laser ; la prévision météorologique globale fera alors un bond en avant car les champs de vent tridimensionnels sont en définitive la chose la plus facile à assimiler dans les modèles numériques de prévision.

A l'aube de cet exemple, on voit bien que nous avons aujourd'hui à la fois les outils et les besoins d'un système d'observation globale de la planète, que rend possible la conjonction d'une grande diversité de moyens spatiaux. Ces instruments, que l'on avait imaginés portés par de grandes plates-formes multi-instruments, seront en définitive plutôt embarqués sur des satellites moyens, voire de mini-satellites (comme celui qui assure la continuité des mesures du système Topex-Poseidon).

La continuité de ces mesures, c'est-à-dire le caractère opérationnel ou quasi-opérationnel de l'observation spatiale sera souvent requise. Que la France et l'Europe tiennent leur place dans ces matières représente un objectif majeur du programme spatial. La France y occupe aujourd'hui une place de choix, avec Spot, Topex-Poseidon, IASI, l'instrument Polder embarqué sur le satellite environnemental japonais Adeos et l'instrument Végétation sur le prochain satellite Spot.

Mais il faut maintenir le niveau d'investissement actuel et faire le meilleur usage de cet investissement. Cela suppose que les problèmes tenant à la circulation, au stockage et à la gestion des flux de données générés par le satellite soient efficacement résolus. La technique qui doit le plus progresser avec la technique spatiale, en tout cas pour la connaissance de l'environnement global, est la technique de modélisation numérique, qui se combine aux résultats des observations. Elle est actuellement en amélioration constante, notamment grâce à l'augmentation continue de la puissance ultime des ordinateurs. La complémentarité de ces techniques suppose que le même effort soit assumé en aval (traitement des données) et en amont (programme spatial à proprement parler).

Suivait la projection d'un documentaire, « A la mesure des océans », retraçant la contribution déterminante du système Topex-Poseidon à la connaissance de l'environnement global par une étude approfondie des océans, partie de la Terre encore mal connue, et sur laquelle en trois ans le programme de recherche mené en collaboration par le CNES et la NASA a pu fournir plus de 50 millions de données aux chercheurs dans le monde entier et a permis, combiné à des mesures in situ, de créer des modélisations numériques des phénomènes océaniques, qui sont entre autres des déterminants essentiels du climat.

Premier thème : Environnement planétaire et conventions internationales

Le changement climatique

Gérard MEGIE

Directeur du service d'aéronomie-CNRS

Michèle PAPPALARDO

Nous arrivons maintenant à notre premier thème, l'environnement planétaire et les conventions internationales, autrement dit l'utilisation des observations par satellite en matière de développement et d'environnement global.

Gérard MEGIE

La question de l'apport des observations satellitaires à la compréhension du changement climatique est très vaste, d'autant plus qu'avant de parler de changement climatique, il faut tenter de comprendre comment fonctionne le système climatique. Or, aujourd'hui, nous en sommes encore assez loin. De plus, comprendre vraiment ce système suppose de le faire dans toutes les échelles d'espace et de temps, allant de variations observées sur quelques jours à des variations portant sur plusieurs décennies en ce qui concerne le temps, et de phénomènes locaux à des phénomènes d'échelle planétaire pour l'espace. Enfin, cette compréhension passe non seulement par l'étude de l'atmosphère et des océans, mais aussi par celle des autres grands réservoirs de la planète que sont la biosphère et la cryosphère.

Comme il est impossible de faire en quelques minutes un exposé exhaustif sur une question aussi vaste que celle qui nous occupe ici, je vais m'efforcer de montrer quel a été l'apport de l'observation satellitaire dans quelques domaines clés.

I. L'apport des systèmes opérationnels

Il s'agit, comme l'a dit M. **Lebeau**, des systèmes opérationnels des satellites météorologiques et des satellites d'observation de la surface qui mesurent en continu depuis près de deux décennies les variables thermodynamiques de l'atmosphère avec une plus ou moins grande précision et l'état de surface des continents et des océans (température de surface en particulier).

La combinaison des satellites géostationnaires et des sondeurs en orbite polaire permet d'obtenir les champs de température, de pression, indirectement de vent dans l'atmosphère : la dynamique atmosphérique est de ce fait aujourd'hui un aspect du système climatique qui est bien connu.

L'imagerie satellitaire met également en évidence des phénomènes plus rares, mais d'une grande importance pour le climat, comme l'effet contre-réactif des particules d'aérosol sur l'effet de serre en contrebalançant l'effet de serre additionnel dû aux émissions de gaz carbonique, de méthane, et à la formation d'ozone dans la basse atmosphère. Ces particules, emportées par les vents, peuvent parcourir plusieurs milliers de kilomètres et conduire à des phénomènes d'importance climatique.

Certes, jusqu'à aujourd'hui, l'imagerie satellitaire n'a permis d'aborder ces phénomènes que qualitativement mais, à l'avenir, des systèmes comme Polder, embarqué sur Adeos cette année, le feront de manière quantitative.

II. L'apport des missions étrangères au réseau opérationnel

En dehors du réseau opérationnel, un certain nombre de missions de la dernière décennie comme Topex-Poseidon, Nimbus 7, UARS, ont permis de se pencher sur différents problèmes liés au système climatique. J'en évoquerai ici trois :

- ⇒ la composante rapide du système climatique (l'atmosphère terrestre) ;
- ⇒ la composante océanique (avec Topex-Poseidon) ;
- ⇒ le couplage entre les problèmes de chimie de l'atmosphère et les problèmes climatiques, problèmes en émergence (illustrés ici par la question de l'ozone stratosphérique).

1. La composante atmosphérique

Comme nous l'avons vu, la combinaison de l'observation satellitaire et de mesures *in situ* a conduit à une bonne compréhension du fonctionnement de l'atmosphère d'un point de vue dynamique. Le problème essentiel qui se pose maintenant est celui de l'établissement d'un bilan énergétique de la planète qui permettrait d'apprécier quantitativement le rôle des gaz à effet de serre dans l'effet de serre additionnel. Ce bilan radiatif est loin d'être compris à ce jour dans la mesure où il est fortement modulé par la présence des nuages dans la basse atmosphère, puisque ces derniers, à la fois, réfléchissent une partie de la lumière qui nous est transmise (phénomène d'albédo) et emprisonnent une partie du rayonnement émis par la Terre, contribuant par là même à l'effet de serre.

Un des problèmes, quantitativement mal résolu, est donc de rechercher quelle est l'importance des nuages à la surface de la terre, quelle est leur altitude et comment ils varient sur courte et longue période. A côté de ce problème de climatologie des nuages, on peut certes obtenir des bilans quantitatifs de l'énergie liée aux émissions de la surface terrestre et au rayonnement solaire. On peut donc réaliser, en mesurant les flux des grandes longueurs d'onde (rayonnement thermique infrarouge), et des courtes (rayonnement venant du soleil), des cartes du globe présentant l'une ce que seraient ces

rayonnements en l'absence de nuages et l'autre ce qu'ils sont effectivement. Il faut alors comprendre quantitativement quel est l'effet des nuages. Cette question est actuellement totalement ouverte et a donné lieu à des controverses sur le rôle des nuages dans l'absorption des rayons solaires. Les mesures satellitaires effectuées semblent indiquer que jusqu'ici ce phénomène avait été sous-estimé.

2. La composante longue du système climatique : les océans

Un satellite comme Topex-Poseidon, par ses mesures altimétriques donc de topographie dynamique des océans, nous a permis d'élever le niveau de notre compréhension de la dynamique océanique à ce qu'il est en matière atmosphérique. L'apport de l'observation satellitaire est déterminant dans la mesure où des observations réalisées sur une semaine grâce à Topex-Poseidon corroborent les grands traits mis en évidence par l'observation de la hauteur des océans réalisée *in situ* pendant un siècle. De plus, la rapidité des mesures permet d'établir des mesures de variabilité faisant ressortir les influences saisonnières qui expliquent la différence visible entre les données réalisées en une semaine et celles recueillies en un siècle.

Un des apports quantitatifs les plus importants de Topex-Poseidon apparaît dans la relation entre la dynamique superficielle des océans et les transferts d'énergie entre océan et atmosphère qu'il a pu clairement mettre au jour.

3. La chimie rapide dans la stratosphère

Il s'agit ici pour l'essentiel du trou d'ozone. Certes, comme il a été dit précédemment, il n'a pas été mis en évidence à l'origine par des satellites, mais par des observations au sol. L'apport du satellite nous a néanmoins permis de quantifier l'extension du phénomène depuis les années 1979-1980 au dessus de l'Antarctique qui se traduit par une diminution saisonnière et locale de l'ozone. On a ainsi pu noter depuis 1989 une très grande stabilité du phénomène puisque pendant le printemps austral, on constate une destruction à 60-70 % de l'ozone.

Les observations du satellite UARS (Upper Atmospheric Research Satellite) lancé en 1991 qui a mesuré un grand nombre de constituants de la stratosphère a donné entre autres des mesures dans les régions polaires du **monoxyde** de chlore responsable de la destruction de l'ozone et de ce gaz : on a pu confirmer, en constatant la corrélation de la concentration en **monoxyde** de chlore 100 à 200 fois supérieure dans les régions très froides de l'Antarctique et d'une ozone détruite, la véracité des hypothèses émises sur les processus responsables de cette évolution.

III. Conclusion : l'avenir du programme satellitaire et le changement climatique

On a vu l'apport fondamental qu'a pu apporter le satellite à l'étude du système climatique. Cela se reflète d'ailleurs dans les programmes qui vont être déployés dans les années à venir. Dans un horizon de 10 ans, beaucoup de satellites seront dévolus à cette discipline, que ce soit les satellites lancés sous la responsabilité du CNES, de l'Agence

Spatiale Européenne, ou dans le cadre de coopérations bilatérales. Nous entrons donc dans une décennie très importante pour l'étude par les satellites de l'environnement, et dont l'objectif principal, à mes yeux, portera sur la quantification et l'établissement d'un bilan d'énergie et de masse des différentes composantes de la planète qui nous apportera une meilleure connaissance du système climatique.

Mais il faut noter pour nuancer cette apologie de l'outil spatial que dans les quelque 20 dernières années, le satellite n'a pas résolu seul tous les problèmes : un système d'observation globale de la planète doit nécessairement combiner cette technologie à des observations au sol, par avion ou par ballon. Ce sont tous ces instruments qui étudient des échelles spatiales et temporelles différentes qui nous permettront de fabriquer des outils de modélisation adéquats qui sont forcément multi-intégrateurs.

L'utilisation des données spatiales pour la gestion des risques

Gérard TAREL
Chef de projet-Alcatel

Je vais ici m'intéresser à l'utilisation des données spatiales dans la gestion des risques majeurs en Europe. Depuis une dizaine d'années, les catastrophes se multiplient, et l'ONU a pu estimer le montant des pertes imputables aux catastrophes pour les seules années 1991-1992 à plus de 500 milliards de francs.

Il est donc parfaitement naturel que des préoccupations se soient fait jour et que des programmes soient en cours pour s'efforcer d'utiliser les systèmes spatiaux dans la gestion des risques. Notons au sujet de cette notion de risques qu'elle se décompose en deux types principaux :

- ⇒ les risques naturels ;
- ⇒ les risques technologiques, la part de ces derniers étant en augmentation constante.

J'interviens pour ma part dans une étude en cours conduite par l'ESA, mandatée par le Conseil de l'Europe sur la requête des ministres signataires de l'accord Europa-Risks, intervenu en 1987, qui ont explicitement demandé que l'on travaille à l'utilisation des techniques spatiales dans la gestion des risques.

Les objectifs majeurs qu'ils ont exprimés sont les suivants.

⇒ **mieux gérer les risques majeurs**

Si, à l'échelon de l'Europe, les pays occidentaux ont une bonne gestion du risque, il n'en est pas de même pour certains pays de l'**Est**, qui n'ont pas ou peu de systèmes de gestion des risques.

⇒ **mieux utiliser les systèmes spatiaux existants**

Il existe actuellement une grande quantité de systèmes spatiaux. Il s'agit de mieux les utiliser afin de les mettre en œuvre de manière efficace, économique et opérationnelle.

Il faut en particulier les adapter au maximum aux besoins des premiers utilisateurs concernés, c'est-à-dire des protections civiles, des ministères de l'**Environnement** et de tous les organismes et institutions en rapport avec ces questions (l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire par exemple).

Les besoins exprimés par les utilisateurs (essentiellement les protections civiles en Europe), dans le cadre de l'étude de l'ESA, ont fait l'objet d'enquêtes sur le terrain dans 27 pays dont sont ressortis les résultats qui suivent, et qu'on a répartis suivant les trois

phases traditionnelles que l'on distingue dans l'analyse de risques : la prévention, la crise et la post-crise.

Phase	Besoins	Traitement
Prévention	Identification/cartographie des zones à risque	Temps différé
	Données de vulnérabilité des zones (occupation des sols, données administratives)	Temps différé
	Modèles de prévision (hydrologie, diffusion, etc.)	Temps différé
	Planification/procédures	Temps différé
Crise	Surveillance/alerte	Temps réel
	Données météo/prévisions	Temps réel
	Communications et localisations	Temps réel
Post-crise	Inventaire des zones sinistrées	Temps différé
	Archivage/retour sur expérience	Temps différé

Face à tous ces besoins, les ressources spatiales disponibles en Europe (Météosat, NOAA, ERS, etc.) peuvent fournir aux utilisateurs des informations utiles. Mais il faut leur donner non pas les informations brutes recueillies par les satellites mais des données transformées par des traitements et des outils de modélisation.

L'étude a montré qu'il existait environ 54 types d'informations utiles aux gestionnaires des risques, elles-mêmes fonction de la géographie et de la phase du risque ; on aboutit alors à un total d'environ 350 classes d'informations à fournir aux protections civiles.

Les techniques spatiales présentent les caractères suivants.

- ⇒ Elles permettent l'amélioration de la capacité de prévention et d'alerte.
- ⇒ Elles aboutissent à une mise en œuvre plus rapide des moyens et des secours.
- ⇒ Elles facilitent la gestion des données car les données recueillies sont numériques.
- ⇒ Elles sont complémentaires des autres techniques.

Tous ces caractères permettent d'affirmer l'intérêt présenté par les techniques spatiales pour la gestion des risques.

Mais il faut, pour transmettre des informations exploitables aux communautés d'utilisateurs nombreuses (plus d'une centaine en Europe) et qui n'entendent rien à ces technologies, mettre en place un système d'information et de communication de données/services spatiaux. Il est certainement nécessaire que ces systèmes soit établis sur une base transnationale : pour des raisons économiques, parce qu'il serait aberrant de les multiplier dans les 27 pays concernés ; pour des raisons techniques, puisque les risques ne s'arrêtent pas aux frontières ; pour des raisons politiques enfin, dans la mesure où la mise en place d'un tel système serait de nature à favoriser l'intégration européenne.

La déforestation et l'évolution du couvert végétal

Francis BLASCO

Directeur du Laboratoire d'écologie terrestre
Institut de Cartographie Internationale sur la végétation

Quand on veut étudier la végétation en un point quelconque des continents, on dispose de nombreux outils. Le choix de l'outil et celui de la technique de vérification au sol sont à étudier soigneusement avant toute opération car tous les outils ne rendent pas les mêmes services : par exemple, **NOAA** et AVHRR permettent uniquement une discrimination entre forêt et non-forêt ; de plus, les échelles de perception et de restitution varient beaucoup selon l'outil utilisé.

Les problèmes que nous rencontrons avec l'utilisation de NOAA résident dans la difficulté que nous éprouvons à assurer des corrections convenables sur l'ensemble d'une scène (les scènes ont des superficies de 3 000 x 3 000 km), dans le fait que l'élévation solaire est différente selon le point de l'image, et dans des effets directionnels. Ces données ne sont donc utilisables que si nous surmontons ces difficultés techniques.

Ainsi par exemple, sur des régions d'Afrique, il est possible de discriminer forêt et non-forêt ; il s'avère en revanche délicat, dans les régions humides, de discriminer cultures et forêt, et ce, que ce soit en utilisant des mesures de température de surface ou en utilisant les indices de végétation.

En revanche, quand on utilise des satellites à haute résolution géométrique, c'est-à-dire essentiellement ERS, Landsat TM et Spot, on peut en théorie, et sans exagérer, pratiquement tout faire ; mais très peu de pays du Sud utilisent ces données pour obtenir un suivi convenable de leurs ressources végétales, si ce n'est le Brésil et la Thaïlande. Ces deux pays disposent de stations de réception de données haute résolution.

En ce qui concerne l'Amazonie, on obtient, tous les 3 ans, et pour chaque Etat, un point précis sur le taux de déforestation. Les chiffres communiqués sont crédibles : ils sont de l'ordre de moins de 1 % par an de déforestation. Ces résultats, intégrés dans des modèles, permettent de connaître les conséquences de la déforestation, en particulier l'évapo-transpiration, le réchauffement de ces régions (2 à 4° C prévus selon les modèles) et la diminution de la pluviométrie (30 % si le bassin était totalement déboisé).

Spot a permis en matière de végétation des progrès rapides et considérables, puisque l'on a pu caler les réponses spectrales des différentes espèces végétales. Avec le moyen infrarouge, il est possible aux spécialistes, mais tout de même assez difficile, de discriminer les espèces. C'est à l'aide de ces techniques que la Thaïlande a fait des travaux très précis de classification des espèces.

Il ne faut toutefois pas exagérer les potentialités du satellite : en effet, le rayonnement électromagnétique ne traverse pas les couronnes et ne permet donc pas de savoir ce qui se passe sous les couverts. Nous éprouvons donc de grosses difficultés à quantifier les

biomasses, les biovolumes et, évidemment, les espèces. Néanmoins, nous fondons de bons espoirs de progrès dans la modélisation convenable des données radar. A ce titre, des travaux faits dans notre laboratoire et au Centre de télédétection de Toulouse sur des régions de Guyane où les couvertures nuageuses rendent la fourniture de données difficile, par une synergie entre Spot et ERS 1, nous ont permis d'obtenir une précision non opérationnelle mais très intéressante pour la recherche.

En ce qui concerne le taux de déforestation mondiale, de nombreuses recherches ont été menées, mais ont abouti à des écarts très importants entre les auteurs, du fait des techniques utilisées et de la définition que donne chacun au terme de forêt.

Les satellites permettent aujourd'hui assez facilement de discriminer les forêts intactes, les stades de dégradation, les différents types de cultures et de plantation : on le fait en cartographie de routine.

Pour terminer, je voudrais citer les institutions qui travaillent sur le sujet, l'ISPRA et Spot Conseil à Toulouse, essentiellement pour les applications, et le CNRS et le CIRAD pour la recherche.

Enfin, je voudrais dire que nous attendons beaucoup des données de Spot IV qui sera lancé fin 1997 et de son « Instrument Végétation ».

Chateaubriand disait il y a à peu près 200 ans : « Les forêts précèdent les hommes et les déserts les suivent ». Nous espérons que les satellites nous permettront de rompre avec ce qui semble être une fatalité, en tout cas dans les pays tropicaux.

Questions

De la salle

J'aimerais savoir si des mesures récentes par satellite ont permis de mesurer la déforestation au Tibet qui est effectuée depuis 30 ans par les Chinois.

Francis BLASCO

L'ensemble de la chaîne himalayenne est un immense chantier de déforestation. Pour ce qui est des données spatiales, vous pouvez demander à Spot-Image mais il y a certainement des données à haute résolution sur le Tibet.

André LEBEAU

Ce que l'on peut dire, en tout cas, c'est que Spot fournit une couverture globale de la Terre. Si on a besoin de données sur le Tibet, on peut donc les obtenir. Par ailleurs, l'ancien PDG de Spotimage me fait signe qu'il existe des stocks d'images du Tibet. L'outil en tout cas est disponible pour en acquérir de nouvelles.

De la salle (même intervenant)

Je sais qu'il en existe mais elles coûtent très cher en général. Je travaille dans une association, **EcoTibet** France, qui serait très intéressés par ces images. C'est pourquoi je me permets de vous poser cette question.

Michèle PAPPALARDO

Je pense que Madame **Lepage** reviendra sur le problème du coût.

De la salle

La restitution des types de végétation que vous nous avez montrée est impressionnante. J'aurais donc aimé savoir quels sont les progrès que vous attendez de « l'Instrument Végétation ».

Francis BLASCO

C'est une question que nous nous posons depuis longtemps et nous sommes en train d'effectuer des simulations. C'est le seul engin qui nous permettra d'obtenir

simultanément des données à grand champ et des données ponctuelles à un instant donné. Nous en attendons également des moyens supplémentaires de discrimination des formations végétales en terme de définition et d'état en raison de la présence de moyens infrarouges. C'est donc en même temps la basse et la grande résolution géométrique qui nous intéressent.

De la salle

Espérez-vous faire une bonne discrimination des catégories de feuillus dans les zones tempérées ?

Francis BLASCO

C'est l'éternelle question. Certains spécialistes affirment que les instruments actuels nous conduisent à des confusions graves. En réalité, il ne faut jamais utiliser les données physiques seules. L'information sera excellente si on dispose d'une bonne information de terrain ou d'un couplage avec des données aériennes ou cartographiques plus anciennes.

De la salle

J'entends bien, mais je voulais évoquer ici vos nouveaux instruments.

Francis BLASCO

Je ne pourrai vous répondre que dans quelques années. Normalement, l'utilisation d'un nouveau moyen, l'infrarouge, devrait nous permettre de faire des progrès importants.

De la salle

Nous avons vu l'intérêt de l'observation par satellite dans l'étude des phénomènes physiques à l'échelle planétaire. Y a-t-il au plan mondial une ou plusieurs organisations ou autorités qui définissent une stratégie globale et cohérente d'observation de la Terre ? Si oui, y a-t-il lieu d'améliorer cette politique ?

André LEBEAU

Vous posez là une question difficile. Il n'y a pas vraiment d'autorité qui définisse une stratégie ou qui l'impose. En fait, il y a différentes sources d'autorité. Si l'on prend l'exemple du système d'observation météorologique, on a un système extrêmement bien coordonné, défini, et où la relation entre les utilisateurs et les agences spatiales qui proposent les outils est assez bonne. Dans d'autres domaines, c'est beaucoup moins net.

La puissance dominante, les Etats-Unis, veut organiser les choses autour d'une entité, le CEOS. Mais elle n'est pas investie d'une autorité par les Etats qui en sont membres : elle se contente d'être un outil de concertation dont les Etats-Unis veulent faire accepter les conclusions par les différentes nations fournissant les moyens spatiaux. Cette entité est donc à la fois un principe d'organisation et un outil de domination pour les Anglo-Saxons et les Etats-Unis en particulier. Cette démarche a ses défauts mais présente des aspects positifs.

En conclusion, si la concertation existe, il n'en est pas de même de l'autorité. Même l'Organisation Météorologique Mondiale, qui coordonne très étroitement l'observation météorologique sur l'ensemble du globe, ne détient pas en réalité le pouvoir de définir les moyens spatiaux utilisés.

De la salle

N'y a-t-il pas, comme on l'a dit, notamment au sujet de l'ozone, des dérives instrumentales au cours du temps, donc des variations purement instrumentales ?

Gérard LEBEAU

Par nature, il existe des instruments qui dérivent et d'autres qui ne dérivent pas. Par exemple, la mesure d'un temps de trajet par Topex-Poseidon n'est pas *a priori* susceptible de connaître des dérives importantes. En revanche, la photométrie, comme vous le dira Gérard Mégie qui en est un expert, peut présenter des dérives instrumentales.

Gérard MEGIE

Tout d'abord, il faut affirmer que toute mesure est entachée d'incertitudes par principe. En général, les dérives que l'on essaie d'observer ont trait aux quantités extrêmement faibles, notamment la variabilité. J'ai souligné à dessein à la fin de mon exposé que l'utilisation d'un seul système d'observations est néfaste. Dans le cas de l'ozone que vous citiez, on n'aurait pas pu déduire aujourd'hui les cartes d'évolution des phénomènes sans un réétalonnage permanent que permettent les mesures au sol. Il faut donc coupler les trois techniques (observation spatiale, observation sol, opération *in situ* par avion ou ballon), d'autant plus que dans le cas des nouvelles instrumentations que nous lançons, il nous faut mettre au point des méthodologies : on va mesurer de nouvelles variables, par exemple des **radiances** ou des signaux **électromagnétiques**, qu'il faudra convertir ensuite en données géophysiques pertinentes. Ce système nécessite donc d'être validé. La conjonction des systèmes permet de diminuer la dérive instrumentale.

De la salle

La question que je vais poser s'adresse à Monsieur Tarel. Les études qu'il mène pour élaborer des systèmes d'informations nécessairement complexes prennent-elles en

compte les préoccupations économiques ? Permettront-elles en particulier de baisser les coûts?

Gérard TAREL

Je peux vous rassurer sur ce point. Si l'étude est compliquée, les résultats en seront simples. Quand on met en place des instruments de ce type, c'est en vue de répondre à des besoins : le souci économique sera donc toujours à la base de sa définition.

Ce genre de système se développe progressivement. Il pourra peut-être se développer pour une branche en particulier. Les transports par exemple sont déjà largement utilisateurs des techniques spatiales. Le satellite y permet l'échange de données entre les chauffeurs de camions et la base principale. Il permet aussi de localiser en permanence les camions. Cela peut se révéler particulièrement utile dans le transport de matières dangereuses : on sait à tout instant où est le camion et quelles matières il transporte ; en cas d'accident, la sécurité civile en sera informée de manière plus efficace et rapide. 8 000 camions utilisent déjà un tel système en France, et plus de 100 000 le font aux Etats-Unis. Le vecteur de développement de ces systèmes est donc bien économique.

De la salle

Je voudrais revenir sur les aspects économiques : en 1993, le cyclone Andrew a dévasté la Floride. Grâce à Météosat, la trajectoire du cyclone a pu être suivie pendant 10 jours, ce qui a permis d'évacuer les populations concernées et d'éviter ainsi de faire des victimes. Les dégâts matériels ont été certes très importants, mais l'usage de cet outil a quand même eu un certain nombre d'effets positifs.

De la salle

Je voulais savoir si la Conférence de Rio avait permis d'évoquer l'utilisation de satellites pour analyser la déforestation.

Francis BLASCO

Oui, il y avait été organisé plusieurs ateliers techniques sur ces questions et la résolution avait été prise d'analyser le lien entre taux de déforestation et érosion de la biodiversité. On l'a vu, la déforestation est aujourd'hui bien observée. Pour ce qui est de la mesure par satellite de la biodiversité, les mesures commencent à peine.

Deuxième thème : L'environnement local et régional : l'aide à la gestion

La gestion du littoral et des zones humides L'apport de CORINE Land Cover

Isabelle FORGE
Institut Français de l'Environnement (IFEN)

Je vais avant tout vous parler de la gestion du littoral et des zones humides mais en vous présentant un programme concret qui est un produit dérivé de l'analyse spatiale et de l'utilisation de la télédétection.

I. Présentation du programme CORINE et du projet CORINE Land Cover

Ce projet s'appelle CORINE Land Cover et constitue un outil pertinent pour la gestion du littoral et des zones humides.

CORINE signifie Coordination des Informations sur l'Environnement. Ce programme expérimental a été lancé à l'échelle de l'Europe en 1985. Il a pour objectif de fournir des informations fiables et régulières pour la prise de décision et la gestion de l'environnement. Le projet CORINE Land Cover s'inscrit dans ce grand programme. Il existe d'autres projets CORINE : CORINE Biotopes, CORINE Erosion Côtière, etc.

II. Les spécificités du projet

La spécificité de CORINE Land Cover est d'être un inventaire de l'occupation biophysique des sols. Il constituera la couche de référence pour les autres projets CORINE que je viens de citer.

Les caractéristiques du projet peuvent être décrites à deux niveaux : à l'échelon européen et à l'échelon français.

1. A l'échelon européen

Les caractéristiques sont les suivantes.

⇒ un inventaire homogène

Il est mis en place et en cours de production actuellement dans plus de 20 pays européens et dans 2 pays méditerranéens.

⇒ des choix techniques spécifiques

La méthodologie est basée sur la photointerprétation assistée par ordinateur d'images satellitaires. L'échelle de travail est fixée au 1: 100 000^{ème}. Le seuil minimal des unités cartographiées est égal à 25 ha. La nomenclature comprend trois niveaux « gigognes » dont le dernier présente 44 postes. Le projet s'appuie sur une base de données numérisées fonctionnant à partir d'un Système d'Informations Géographiques tel que ARCINFO.

2. A l'échelon français

Certaines spécificités dans le volet français de CORINE Land Cover méritent d'être signalées.

⇒ emploi des images du satellite Spot

Cette utilisation permet d'avoir une nomenclature plus fine et des études plus précises (travail à plus grande échelle). Par exemple, l'étude du Parc régional de la Brenne développée au sein de l'IFEN a été menée en ajoutant des niveaux 4 et 5 à la nomenclature. Celle-ci comptait alors non plus 44 mais 90 postes.

⇒ utilisation systématique de photos aériennes en seconde source d'informations

Ce caractère renforce la fiabilité de la base de données. Comme on l'a dit tout à l'heure, le croisement des sources d'information est fondamental. Cette seconde source d'information systématique est extraite de l'inventaire forestier national.

⇒ calage géométrique sur la BD carto de l'IGN

Il favorise la compatibilité nationale entre les bases de données et facilite le développement de partenariats avec divers organismes.

III. Les applications de CORINE Land Cover

On peut recenser deux types d'applications : la simple exploitation de la base de données et le croisement d'autres bases de données CLC avec d'autres sources d'information.

1. La simple exploitation de la base de données

Il s'agit de l'exploitation simple, statistique et géométrique. Elle permet la création de cartes et de statistiques sur l'occupation des sols et l'élaboration d'indicateurs.

L'apport de CLC dans ce type d'analyse est multiple :

⇒ recensement de l'état initial d'un site en terme de stock de ressources ;

- ⇒ identification des espaces « consommés » ;
- ⇒ étude de l'évolution des modes d'exploitation du sol ;

Cet outil est dans cette utilisation très pertinent, notamment lorsqu'on s'intéresse aux zones protégées ou fragilisées, par exemple dans le Parc national des marais poitevin et charentais et la presqu'île d'Hyères.

L'étude du marais poitevin a été lancée autour de 1990 par le Ministère de l'Environnement et la Communauté Européenne pour apprécier dans quelle mesure une zone humide privilégiée en France avait pu évoluer en près de vingt ans (évolution 1973-1990) : il fallait déterminer quelle était la proportion des prairies qui avaient été mises en culture. Les comparaisons obtenues grâce à l'observation satellite effectuée en 1990 ont montré que 30 % des prairies avaient été mises en culture.

Dans le cadre spécifique de la gestion du littoral et des zones humides, CORINE Land Cover permet donc :

- ⇒ d'identifier et de localiser les zones fragilisées ;
- ⇒ d'analyser les modes d'occupation des sols de ces espaces ;
- ⇒ d'étudier les zones-tampon environnantes.

Grâce à cela, on peut prendre des mesures appropriées : soit protéger les espaces identifiés, soit faire une étude approfondie de ces derniers.

2. Le croisement de la base de données CLC avec d'autres sources d'information

Les sources en question peuvent être de deux sortes :

- ⇒ bases de données environnementales (inventaire forestier national, CORINE Erosion côtière, etc.)
- ⇒ bases de données économiques ou autres (surfaces d'infrastructure linéaire, pression urbaine, etc.)

On peut alors par exemple étudier l'impact des territoires artificialisés sur le littoral. Notamment dans la région de l'étang de Berre, on peut s'interroger sur la menace que représentent les territoires artificialisés pour l'Est de l'étang ou les zones protégées tel que le Parc national du Lubéron ou la Camargue.

Dans ce cadre, l'apport de CLC se fait sur différents plans

- ⇒ enrichissement mutuel des bases de données (zones phytoécologiques, inventaire des ZNIEFF...) ;
- ⇒ analyse et gestion des phénomènes complexes (grâce aux Systèmes d'Information Géographique) ;
- ⇒ simulation des impacts globaux ;
- ⇒ présentation des scénarios alternatifs d'action.

Dans le cadre de la gestion du littoral et des zones humides, on a en particulier utilisé à la fois CLC, CORINE Erosion Côtière et des données secondaires pour analyser la presqu'île d'Hyères (nature du linéaire côtier, données d'ouvrages de la côte : épis transversaux, brise-lames, digues ou quais portuaires, etc.). CORINE Erosion côtière permet de distinguer trois types de zones côtières : les zones de côtes stables, de côte en érosion, de côtes en accrétion.

En mettant en fond de carte les modes d'occupation des sols issus de CLC et en définissant une zone de 300 mètres vers l'intérieur des terres, puisqu'en général l'érosion côtière est étudiée sur 100 ou 200 mètres, on obtient une carte où l'on distingue l'occupation des sols à 300 mètres en retrait des zones protégées et en érosion.

On arrive à une information finale très pertinente qui permet de voir immédiatement les zones fragilisées où il faut prioritairement agir.

IV. Avantages et perspectives de CORINE Land Cover

CORINE Land Cover offre les perspectives et les avantages suivants.

- ⇒ Il constitue un inventaire environnemental de l'occupation des sols.
- ⇒ Il présente un coût d'acquisition raisonnable (33 F/m² à l'échelle européenne ; 39 F/m² en France avec les caractéristiques spécifiques).
- ⇒ L'adaptation méthodologique française donne des avantages notoires pour son utilisation et sa valorisation (études d'impact, analyse paysagère, etc.).
- ⇒ Il est destiné à être mis à jour régulièrement.
- ⇒ Il forme un outil essentiel à l'échelle de l'Europe.

La gestion des espaces protégés et la télédétection

Louis OLIVIER

Directeur adjoint du Parc National de Port-Cros

avec la collaboration de Jacques CLAUDIN

Atelier technique des espaces naturels

et

Michel DESHAYE

Laboratoire commun de télédétection CEMAGREF-ENGREF

Louis OLIVIER

Il semble désormais acquis que le concept de gestion se substitue peu à peu, dans l'esprit des responsables d'espaces naturels, à celui d'aménagement. Penser gestion, c'est se préoccuper du devenir et de l'évolution de l'espace et des éléments patrimoniaux qui y sont inclus ; c'est aussi percevoir la nécessité d'interventions sinon quotidiennes du moins régulières ; c'est enfin donner une dimension temporelle à la responsabilité du gestionnaire. Cette dimension temporelle échappe aux pratiques habituelles de gestion pour des raisons culturelles tout d'abord car l'homme perçoit naturellement paysages et milieux naturels comme immuables. Mais aussi, pourquoi se le cacher, pour des raisons administratives compte tenu de la conjonction de deux facteurs : la durée moyenne de la présence d'un gestionnaire au sein d'un espace et l'inertie habituelle des phénomènes naturels en dehors des phénomènes catastrophiques. Un gestionnaire reste ainsi un temps suffisamment court dans un espace pour ne pas ressentir les transformations qui l'affectent. De ce fait, il s'attache souvent à rechercher les situations d'équilibre, à recomposer un paysage, à corriger tel ou tel aspect, à cicatriser ou à restaurer sans réellement s'interroger sur les conséquences à long terme de ses choix.

La mise en place d'une gestion temporelle s'impose d'autant plus aujourd'hui que les espaces naturels subissent des transformations majeures, comme la **déprise** agricole en montagne et moyenne montagne ou la réduction rapide des superficies d'espaces naturels ou semi-naturels le long du littoral, dans les vallées alluviales ou en périphérie des mégapoles, sans qu'il soit besoin d'évoquer les conséquences possibles des changements climatiques sur les formations forestières.

Dans ce contexte, c'est en tant qu'outil favorisant une approche spatiale et multitemporelle que la télédétection doit être abordée dans le but d'apporter des réponses aux besoins du gestionnaire. De ce point de vue, ses usages semblent devoir être déclinés à deux niveaux :

- ⇒ identification de l'existant ;
- ⇒ surveillance continue du patrimoine naturel.

Une des illustrations les plus significatives et les plus classiques de l'intérêt de la télédétection pour la gestion du patrimoine naturel concerne l'utilisation de cet outil pour l'inventaire et l'identification des forêts anciennes dites « primaires » des Etats de

l'Oregon et de Washington aux Etats-Unis : les *old growth forests*. Depuis le début, les forestiers américains avaient engagé une exploitation qualifiée de « minière » de la ressource forestière de ces forêts de Douglas. Cette exploitation avait suscité une grande inquiétude de la part des services de l'environnement et du public.

La connaissance de la répartition de ces vieilles forêts nécessitait la réalisation rapide d'un document cartographique permettant de décrire plus de 8 millions d'hectares de forêts à structure complexe avec une strate supérieure où les plus vieux individus (émergents) avaient 400 ans, une seconde strate d'individus de 160 ans d'âge et un sous-étage. La définition à base écologique des *old growth* fut fondée sur trois paramètres : taux de couvert, diamètre, structure et nature des essences. Elle a été rendue possible pour trois raisons : l'utilisation conjointe de trois logiciels et leur mise en œuvre par des gestionnaires formés à la télédétection, des moyens informatiques appropriés et une approche pragmatique. Les résultats obtenus ont été plus que satisfaisants (taux de précision de 80 %).

Ces forêts très anciennes présentaient déjà un intérêt en tant qu'habitat-écosystème méritant la mise en place de mesures de protection en soi. Elles hébergent aussi deux espèces intéressantes pour lesquelles le travail précédemment évoqué a permis d'apporter des informations directement exploitables pour la conservation de ces espèces.

La chouette occidentale (*Strix occidentalis*, en anglais *spotted owl*) vit exclusivement dans ces très vieilles forêts de Douglas. Sa survie a été considérée comme une des priorités de la protection de la nature aux Etats-Unis. Les études réalisées à son propos constituent d'ailleurs un cas d'école fréquemment cité dans les ouvrages traitant de biologie de la conservation. Le biologiste américain Lande (1988) a établi pour cette espèce un modèle démographique. La chouette occidentale constitue au sein de son habitat favorable une métapopulation, avec extinction et création de nouvelles populations élémentaires. De ce fait, tous les territoires potentiels ne sont pas utilisés simultanément. Le modèle proportionnel établi par Lande montre que l'extinction de la métapopulation surviendrait dans le cas où la superficie de très vieilles forêts de Douglas serait réduite au-dessous de 21 % de la superficie totale de l'ensemble forestier concerné.

L'If américain, *Taxus brevifolia*, vit en sous-étage de ces forêts. Si son exploitation pour la production du Taxol à partir de son écorce avait été maintenue, la cartographie établie aurait pu être utilisée comme une aide à la planification de son exploitation.

Une telle démarche, concernant de grands territoires, pouvait être appliquée à des cas similaires en France comme par exemple celui du couple **Sitelle** corse et forêts anciennes de pin Laricio.

Le Parc national du Mercantour, le CEMAGREF de Grenoble et le CRR d'ISPRA ont aussi utilisé la télédétection pour la cartographie des pâturages d'altitude dans le but de fournir au gestionnaire des outils pour établir un plan de gestion du suivi de l'évolution des milieux supra-forestiers en haute montagne dans un cadre d'exploitation pastorale qui peut occasionner des conflits d'usage (concurrence faune **sauvage/faune** domestique, maintien de la diversité biologique, etc.). Les moyens classiques dont disposait le

gestionnaire ne permettaient pas de manière simple et dans des délais raisonnables d'établir les documents nécessaires à la gestion. Sur la base d'un modèle agro-écologique régional détaillé (une quarantaine de faciès-type), une typologie simplifiée a permis d'obtenir un nombre restreint (10 types) mais pertinent d'objets identifiables par traitement d'images Spot ou Landsat et validées par reconnaissance de terrain. Les résultats obtenus ont permis d'étendre à 40 000 hectares cette cartographie' (au 1 : 100 000ème et 1 : 25 000ème) établie à partir de quatre alpages de référence (extrapolation à l'ensemble de la zone écologiquement semblable). Cet outil a permis au gestionnaire de mieux planifier la pression pastorale sur l'ensemble de l'espace géré et de mettre en place un suivi diachronique de ces pâturages. La démarche est aujourd'hui disponible sur l'ensemble des Alpes du Sud.

Le gestionnaire d'espaces naturels est aujourd'hui confronté à un double défi : celui de mettre en œuvre une véritable surveillance continue de son territoire, d'une part, et d'optimiser les moyens humains et matériels qui sont mis à disposition, d'autre part. La télédétection est de nature à permettre la généralisation des inventaires et des états initiaux et de contribuer d'une manière rapide et globale à la surveillance continue des territoires confiés à la responsabilité d'un gestionnaire. Elle permet surtout d'apporter une réponse originale à la question du suivi des phénomènes naturels à grande inertie ou à longue période, ce que le gestionnaire ne sait pas vraiment faire aujourd'hui, et de dégager du temps aux personnels qui peuvent éventuellement se consacrer à des investigations ou des observations plus fines.

On pourra peut-être objecter que l'utilisation de tels outils présente le risque de déshumaniser un peu plus un domaine, la gestion de la nature, où les relations entre groupes sociaux constituent encore l'essentiel. En fait, la télédétection est un outil comme un autre, au même titre que les modèles de gestion qui vont de plus en plus s'imposer au gestionnaire. Ces outils permettront simplement de percevoir les faits de manière plus objective, de diminuer la subjectivité dans les négociations et l'empirisme dans la gestion. Mais si cela peut paraître paradoxal, ces nouveaux outils rendront plus démocratiques les décisions. Notre mode de pensée est en effet toujours le reflet du système que nous avons adopté et l'expression de nos propres préoccupations, et l'empirisme et la spontanéité ne sont pas toujours la meilleure manière d'aborder un texte car comme le disait Warren Bennis : « Nous avons besoin de théories pour vivre ; une théorie est une armature intellectuelle qui n'admet que certains faits et joue le rôle de filtre vis-à-vis d'autres jugés sans importance. »

L'environnement urbain et la télédétection

Raymond DELAVIGNE

Directeur des études de la division environnement urbain
à l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France

Je vais commencer par vous présenter ce que j'entends par écosystème urbain ou écosystème de la région urbaine : c'est ce que nous devons gérer à l'échelle d'une région comptant près de 11 millions d'habitants et 12 000 km². Pour ce faire, nous avons été amenés à développer deux outils tout à fait complémentaires :

- ⇒ le système d'information géographique ;
- ⇒ la télédétection par satellite.

L'intérêt de la télédétection réside dans le fait que la partie urbaine de la région ne peut se concevoir isolément : nous devons l'aborder dans un cadre régional et même interrégional. Celui-ci permet également de s'affranchir des découpages administratifs en ne restant plus prisonniers des communes mais en considérant au contraire des unités correspondant effectivement à la gestion, comme les aquifères et les écozones.

Je vous propose de balayer rapidement un certain nombre de thèmes déjà développés.

Une image Spot qui est une fusion du multispectral et du panchromatique réalisée en 1989 et rééchantillonnée à 7,50 mètres permet de disposer d'un indice de végétation par classes pertinentes (végétation basse, plantations d'alignement, espaces verts...) par la création d'un équivalent chlorophylle qui est un indicateur basé sur la quantité de matière sèche existant au sol. On peut ainsi additionner des pelouses, des arbustes et des arbres, pour obtenir l'arbre urbain standard qui représente 250 kg de matière sèche et une couronne de 28 m² au sol. On dira ainsi qu'à Paris, il y a 2 arbres urbains standards pour 10 habitants contre 12 à 17 pour les départements de la première couronne. La technique satellitaire permet de comparer des mesures pour évaluer par exemple l'efficacité de politiques de plans verts au niveau local ou régional.

Je vous citerai un autre type d'application : nous avons développé une approche d'équipements verts urbains accessibles au public ; en croisant des données de type fichier avec des observations satellitaires, nous avons pu qualifier l'importance de la carence en équipements verts de proximité. En croisant sur une carte les indices de végétation et la carte des équipements verts accessibles au public et leur zone de desserte théorique, nous disposons d'une carte indiquant la desserte effective et les carences en espaces verts que nous pouvons nuancer par la prise en compte de la végétation privée. Cet outil apparaît donc très pertinent pour la planification.

Une analyse du bassin d'Arcachon nous apporte une application fortuite de l'indice de végétation : les mesures transmises par télédétection ont mis en évidence des zones surpâturées par un troupeau d'oies bernaches.

Un autre type d'application de Spot réside dans la préparation des schémas directeurs avec des cartes d'occupation des sols réalisées grâce à la fusion d'images Spot panchromatiques et XS rééchantillonnées à 7,50 mètres qui permettent d'obtenir une image standard que l'on interprète visuellement puis que l'on soumet à des traitements complétés par ordinateur en effectuant des navettes avec le terrain. On aboutit alors à des cartes possédant plus de 50 postes de légende. La limite, ici, n'est pas technique : elle est financière et dépend du budget alloué. Bien sûr, toutes ces données sont numériques et peuvent donc constituer le point de départ d'un système d'information géographique local si on le souhaite.

On peut aussi croiser ces résultats, comme on nous l'a demandé, avec l'IPLI : on a ainsi une comparaison du sol en 1989 avec l'IPLI de 1979 qui fait apparaître une progression de la partie urbanisée de 75 % sur la période.

Par ces mêmes techniques, on a pu réaliser en peu de temps, et pour moins de 200 000 francs, une carte d'occupation du sol de l'agglomération du Caire au 1 : 50 000ème, avec des zones d'agrandissement à 1 : 25 000ème pour les urbanistes locaux qui manquaient de données, et plus de 40 postes de légende. Un travail similaire a été réalisé à Beyrouth.

En évoquant un de ses travaux, je dois aussi publiquement rendre hommage à Monsieur **Lanco**, du Ministère de l'**Environnement**, qui a été un des pionniers de l'utilisation de ces techniques et nous a encouragés à adopter la télédétection à un moment où Spot n'existait pas encore : il fallait alors y croire !

Une approche différente de Spot est apportée par TM avec des cartes de température de surface qui peuvent être très utiles pour les études de climat local.

Suit une série de diapositives montrant divers exemples d'images satellites à utilisation locale.

Pour conclure, je voudrais réaffirmer la complémentarité des SIG et la nécessité de ne pas juger par rapport à un stade de développement mais plutôt d'imaginer les applications futures.

•

Allocution

Corinne LEPAGE
Ministre de l'Environnement

Mesdames et Messieurs, je vous dois des excuses, et ce, à double titre : tout d'abord, pour n'avoir **pas pu** faire mon allocution d'ouverture en raison d'une réunion du Conseil des Ministres qui se tenait à la même heure ; ensuite, parce que je vais être obligée de partir de manière anticipée. N'y voyez pourtant pas de désinvolture de ma part à l'égard des sujets que vous traitez et aux entretiens de Ségur qui ont tous deux une grande importance à mes yeux.

Je suis vraiment très heureuse de vous accueillir aujourd'hui dans cette maison pour le premier Entretien de Ségur 1996 consacré à l'observation par satellite de l'environnement. Vous savez que les Entretiens de Ségur ont une certaine histoire dans cette maison et je tiens beaucoup à ce qu'ils gardent leur qualité et continuent à aborder des sujets novateurs comme celui d'aujourd'hui. Dans le courant de l'année, nous aurons à traiter des autoroutes de l'information et de l'environnement, sujet que je trouve passionnant, et de l'évaluation environnementale par exemple. Tous ces sujets s'intègrent du reste dans la réflexion générale menée cette année par le Ministère de l'Environnement sur le thème du développement durable qui sert de fil conducteur à notre action.

Je crois que le sujet qui nous occupe aujourd'hui est très important. Le développement des technologies spatiales a incontestablement ouvert des perspectives nouvelles pour l'environnement et beaucoup de domaines sont concernés. L'intérêt des travaux que vous menez aujourd'hui est justement de réaliser un inventaire de ces différents domaines et d'apprécier dans quelle direction les applications doivent encore se développer, comment elles peuvent s'améliorer et se renouveler.

Vous avez déjà examiné les apports de l'observation satellitaire au niveau global et vous travaillez actuellement sur l'aide aux politiques environnementales des acteurs de terrain.

En ce qui concerne les relations internationales, je crois que la maîtrise d'une gestion harmonieuse de la planète est devenue un véritable enjeu de la compétition internationale, et même un véritable enjeu géostratégique : j'entendais avec beaucoup d'intérêt Charles Millon voici trois jours quand nous inaugurons le Parc des Vosges dans la région dont il est président, prendre la parole et dire : « En fait, je ne sais pas très bien si j'interviens aujourd'hui en tant que Ministre des Armées ou en tant que président du conseil régional parce que l'environnement est devenu aujourd'hui plus que jamais un enjeu géostratégique. Et je viens de finir, disait-il, un rapport consacré à l'importance de l'eau au Moyen-Orient. »

Ceci est un exemple, à l'appui duquel d'autres pourraient être donnés, qui montre combien l'environnement et sa connaissance sont devenus des questions de politique générale. On peut me rétorquer que beaucoup de guerres ont déjà été faites, comme dans le cas du Tigre et de l'Euphrate, pour conquérir des fleuves. Cela est exact, à ceci

près qu'aujourd'hui la dimension écologique, les multiples utilisations de l'eau, en dehors même de l'alimentation des populations, revêtent peut-être une importance plus grande que par le passé, et que la question n'est plus abordée sous le même aspect.

Il apparaît en tout cas nécessaire que les acteurs environnementaux soient au rendez-vous des changements d'objectifs des industries concernées pour répondre aux besoins immenses de connaissance qui sont apparus. Cette situation nouvelle devrait peut-être nous faire réfléchir à une inflexion de notre politique spatiale qui doit être tournée davantage vers la Terre et son environnement, notamment tout ce qui découle de l'action de l'homme et ce qui affecte les ressources naturelles. Aujourd'hui, en effet, la majorité des programmes spatiaux civils est tournée vers le lointain alors qu'il est peut-être plus important de considérer d'abord ce qui se passe chez nous.

Le Ministère de l'Environnement a perçu très tôt l'intérêt et l'objectivité des informations issues de la télédétection sur l'environnement et les ressources naturelles. Il a contribué à l'opération pilote interministérielle de télédétection menée de 1976 à 1980 et a été sollicité pour le financement de Spot puis il a fait connaître et évaluer l'utilisation de la télédétection pour l'étude de l'occupation de l'espace et des milieux sous ses aspects statistiques, techniques et juridiques avec des applications nouvelles pour l'environnement en réalisant des actions pilotes de caractère préopérationnel ; il a inspiré l'opération européenne CORINE Land Cover. Il participe enfin chaque année au programme national de télédétection spatiale et au programme de télédétection nouvellement mis en place au Département des Sciences de l'Homme et de la Société du CNRS.

Monsieur Lebeau vous a présenté un panorama des techniques spatiales aujourd'hui disponibles au service de l'environnement. J'avais récemment, lors d'un déjeuner avec les responsables du CNES, longuement abordé cette question, et avais été passionnée par les possibilités qui m'avaient été montrées notamment au niveau local et régional. Il y a là une mine d'informations et peut-être la source de quelques critères objectifs parce qu'en matière d'occupation des sols, il se révèle souvent difficile d'avoir une vision objective de ce qui est et de ce qui doit être. Or la lecture d'une bonne cartographie comme celle dont nous pouvons disposer permettrait probablement d'opérer bien souvent des choix meilleurs que ceux qui sont aujourd'hui arrêtés. J'attends beaucoup de l'extension de ces systèmes aux schémas directeurs, voire aux plans d'occupation des sols dans la mesure où les collectivités locales pourraient le supporter.

Parmi les questions qui se posent à nous, la première a trait à la pertinence du choix des technologies spatiales en comparaison d'autres techniques, qu'elles soient fixes ou mobiles, au sol ou aéroportées. Si certains sujets d'environnement majeurs comme l'ozone stratosphérique, la climatologie, la désertification ou la déforestation trouvent dans les technologies spatiales leurs outils de prédilection, d'autres comme la biodiversité ou la qualité des milieux (qualité de l'air, de l'eau ou des sols) nécessitent, encore aujourd'hui, pour l'essentiel, des mesures au sol. Je souhaite que nous réfléchissions ensemble au meilleur équilibre, dans les investissements publics, dont on sait la relative stagnation, entre données spatiales et réseaux de mesure au sol.

Dans les nombreux cas qui intéressent le gestionnaire de l'environnement de manière courante, l'observation par satellite peut intervenir, mais il est nécessaire de bien

discriminer la méthode la plus pertinente non seulement au plan scientifique et technique, mais aussi au plan économique, par une analyse coût-bénéfice qui, il faut le reconnaître, n'est pas facile.

Le second ensemble de questions concerne l'accès à l'information. Il est essentiel et on voit bien dans les débats qui agitent notre société aujourd'hui que le dialogue et la concertation ne peuvent réellement s'instaurer que s'ils sont suivis en aval d'une bonne information. L'information est donc essentielle au lien social comme à l'exercice du pouvoir. Selon que l'information est équitablement distribuée, accessible à tous, ou au contraire confisquée par telle ou telle partie, elle peut être facteur de développement social ou de blocage, voire de crise. Or l'une des caractéristiques de l'information sur l'environnement aujourd'hui, notamment celle qui concerne la nature, les habitats, les écosystèmes et les pollutions, est qu'elle est distribuée. Certes, elle ne l'est ni parfaitement ni équitablement mais elle est partagée. Les associations, les petites entreprises et le citoyen peuvent accéder à cette information.

Les technologies spatiales en revanche, par leur haut degré de sophistication, leur centralisme, posent des problèmes de nature différente et nouvelle d'accès à l'information. Il s'agit de questions pratiques mais aussi de questions économiques : comment rendre ces informations spatiales environnementales équitablement accessibles au plus grand nombre ?

Les questions qui découlent des précédentes portent sur les arbitrages, au sein des politiques publiques pour les applications spatiales, entre les outils d'acquisition de données (les lanceurs et les satellites) et les outils de traitement et de diffusion de l'information. Les investissements publics ont privilégié le premier domaine. Mais il est nécessaire, pour une bonne politique de l'environnement, que nous ne disposions pas seulement de données numériques stockées en grand nombre, mais que nous ayons accès à des produits qui soient utiles pour le débat et la prise de décision.

A cet égard, il n'est pas évident que les décisions qui ont pu être prises (financement sur fonds publics de l'acquisition des données, commercialisation des traitements et des applications) soient favorables au développement même des applications spatiales pour l'environnement. Peut-être faut-il revoir les allocations de ressources, au sein des politiques spatiales, en accordant plus de moyens de recherche-développement aux technologies de traitement et de diffusion de l'information, avec pour objectif d'abaisser le prix de l'information spatiale. Je crois que ce problème est difficile mais crucial parce qu'aujourd'hui, il n'y a pas de progrès de la démocratie, pas de gestion de la société sans que soit fourni un très gros effort dans le domaine de l'information, mais nous nous heurtons là à une très grosse difficulté technique qu'il ne faut pas nous dissimuler.

Je crois qu'il serait intéressant que cet Entretien de Ségur contribue à dégager des propositions en matière de développement de nouveaux outils pour l'observation de l'environnement. **Les actions** à privilégier portent très certainement sur les moyens de traitement et l'intégration des données issues des satellites avec les autres informations issues de l'observation de l'environnement au sol, et des données socio-économiques, qu'elles soient statistiques ou cartographiques. Il faut aboutir à la construction d'outils d'aide à la décision et d'indicateurs d'évaluation et de suivi.

En outre, il y a encore des progrès à faire, du côté des systèmes d'observation, pour gagner en efficacité. Je pense par exemple aux questions des conditions météorologiques. J'ai constaté que dans certaines régions - je pense à la Guyane où je viens de passer quelques jours - les images Spot sont souvent inexploitable du fait de la couverture nuageuse. Les satellites à infrarouge et radar permettent de se libérer de cette contrainte mais n'offrent pas encore les services qu'en attendent les politiques de l'environnement.

Il serait également intéressant de développer des outils de prévision des niveaux de pollution de l'air urbain en couplant en temps réel les informations sur les émissions, les mesures de pollution et les données chimiques et météorologiques, car la demande sociale est très forte. Il est urgent de développer ce type d'application, compte tenu de la difficulté scientifique que recouvre la prévision de la pollution de l'air. Or, pour le citoyen de base, des recettes de « bonne femme » semblent permettre de prévoir ces évolutions !

Enfin, je suis convaincue que des progrès peuvent encore être accomplis par des approches d'intégration en temps réel de données spatiales et au sol en matière de prévision des catastrophes naturelles, qu'il s'agisse des crues, des incendies ou des éruptions volcaniques, à l'instar de ce qui fonctionne déjà pour les cyclones. Le Ministère de l'Environnement, comme vous le savez, est en charge des risques. S'agissant des risques naturels, force est de constater malheureusement qu'en matière de crues et d'inondations, nous assistons à une accélération de l'histoire. Quoi qu'il en soit, plus nous pourrons avoir une approche en amont en matière de prévision, mieux nous pourrons essayer de réduire les effets. J'attends à ce titre beaucoup de la cartographie par satellite pour améliorer certains mécanismes de prévention, notamment en matière d'interdiction de construction dans des zones risquées.

Voilà quelques axes de réflexion. Je suis très frustrée de n'avoir pu participer de fait à vos débats dans ces matières qui m'intéressent personnellement. J'espère en tout cas que ces Entretiens auront fait progresser nos connaissances au profit d'une meilleure prise en compte de l'environnement dans nos politiques.

Je ne voudrais pas conclure sans un remerciement personnel à Monsieur **Lebeau**, en lui disant combien j'ai apprécié l'intérêt qu'il a toujours porté, dans ses fonctions antérieures comme Directeur Général de Météo France, aux questions d'environnement. C'est grâce à lui qu'un certain nombre de choses ont pu se faire, J'ai donc une grande confiance dans les implications futures du CNES dans tous les domaines qui nous intéressent, qu'il s'agisse des questions concernant l'environnement global ou local.

Pour finir, je voudrais citer l'action remarquable du CNES et de Spotimage en Roumanie pour aider à la connaissance du patrimoine naturel du delta du Danube. Ce n'est qu'un exemple. Je souhaiterais qu'en France nous progressions ainsi dans la connaissance des terrains, tant en terme d'aménagement du territoire, de gestion des sols, que de prévision des risques à venir. Nous disposons dans tous ces domaines d'instruments privilégiés. A nous d'en tirer les conséquences en terme de politique publique. En vous priant encore de m'excuser pour l'interruption des travaux car j'ai horreur de cela, je vous remercie de votre attention.

La place de la télédétection dans les études d'impact

Martine CHATAIN
CETE-Lyon

Je travaille dans un Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement, qui est un service du Ministère de l'Equipement et s'occupe plus particulièrement des études d'environnement liées à la conception autoroutière, mais aussi à la route et à la planification urbaine. Outre les autoroutes, nous nous intéressons également à d'autres types d'infrastructures linéaires comme le TGV. Dans ces études, l'environnement occupe une place importante, et pas seulement au niveau des études d'impact. Il est d'autant plus nécessaire de le souligner que la place de l'imagerie satellitaire est bien fonction de ce niveau d'études. L'environnement est donc présent dans l'ensemble des études des grandes infrastructures linéaires depuis l'inscription au schéma directeur national jusqu'à l'étude d'impact de la déclaration d'utilité publique : cela représente environ 10 ans d'études.

En fait d'imagerie satellitaire, nous utilisons les données Spot Panchromatique à 10 mètres et multispectral (XS) à 20 mètres, et éventuellement des données Landsat. Dans un pays comme le nôtre à forte densité humaine, l'utilisation des données panchromatiques nous paraît la mieux à même d'intégrer cette préoccupation très forte d'épargner autant que possible aux zones urbanisées le passage des grandes infrastructures linéaires.

Compte tenu de leur résolution, et compte tenu des différences de phasage, ces données sont utilisées pour les études amont, donc pour les grands choix stratégiques en matière d'environnement et d'économie, qui concernent les délimitations des grandes options d'aménagement et de fuseaux au sein desquels on établira ensuite des tracés beaucoup plus précis.

Chaque fois, le caractère numérique des données satellitaires permet de les intégrer aisément dans la mise en œuvre d'un système d'information géographique fabriqué pour chaque type de projet sur lequel nous travaillons. Un SIG comprend de nombreux thèmes avec des sources très diverses (données, par exemple, des services du Ministère de l'Environnement quand ceux-ci sont informatisés, ce qui est le cas dans la région Rhône-Alpes où nous échangeons des données avec la DIRENE, banque de données dont la disponibilité va croissant, et relevés sur le terrain en l'absence d'autres données).

On peut distinguer 5 types d'utilisation des données satellitaires.

I. L'occupation du sol

Elle est à la base de toutes les autres. J'ai dit l'importance que nous attachions aux données Spot. Les mesures panchromatiques nous donnent la meilleure détection des phénomènes urbains et les mesures multispectrales ou Thematic Mapper nous fournissent, 'elles, des données sur les milieux agricoles et naturels. Ces données récentes, homogènes et numériques sont intégrées dans le SIG.

Les résultats actuels des images panchromatiques et XS s'approchent de la qualité des photos aériennes que nous utilisons. Le principe, à la CETE de Lyon, est de sous-traiter les données satellitaires car c'est un travail très spécifique.

Le premier élément de l'exploitation de ces données est la carte d'occupation des sols, où les différents types de boisements, de cultures, sont distingués ; la discrimination exigée en matière urbaine est en revanche beaucoup plus élevée.

II. Recherche des couloirs de moindres contraintes

Les données déjà intégrées au SIG sont complétées de données exogènes (zones d'intérêt écologique, **captage**, etc.) pour élaborer des couches du SIG qui intègrent la notion de risques d'impact. Il a fallu un gros travail de méthode pour que ces données environnementales interviennent non plus pour estimer l'impact de ces aménagements mais pour conditionner l'élaboration elle-même des grands aménagements. Cela n'est pas évident car les projets à réaliser sont difficiles tant du point de vue géologique, géotechnique qu'environnemental : les grandes options de passage, fuseaux d'une largeur d'un kilomètre environ, sont difficiles à définir sans conséquences environnementales.

III. Indicateurs pour comparer des solutions

Ils doivent mesurer les différents risques d'impact :

- ⇒ risques de fragmentation des espaces naturels ;
- ⇒ risques d'emprise sur différents types de milieux naturels ou agricoles ;
- ⇒ risques d'exposition au bruit, consommation des zones de silence.

IV. Communication

Ces données sont également des outils de communication :

- ⇒ interne aux équipes de conception ;
- ⇒ externe aux équipes (services, élus) - il s'agit de faire comprendre la localisation des projets et de pouvoir visualiser les effets des différentes solutions envisagées.

Les images satellitaires doivent donc donner une vision synthétique des solutions qui sont de nature à favoriser les débats d'intérêt public correspondant au niveau d'études où l'on se trouve.

L'outil a toutefois ses limites et, à la fin de l'étude, il faut le changer : on fait alors des études au 1 : 5 000ème, des enquêtes parcellaires. Les préoccupations sont totalement différentes.

V. Bilans, observatoires

On retrouve ici les données satellitaires. La Direction des Routes a mis en place une politique de bilans, 3 à 5 ans après la mise en service d'un grand aménagement : bilan socio-économique, mais aussi environnemental, où l'on recense la répartition spatiale des impacts directs (mis en évidence par un inventaire de terrain) et indirects (beaucoup plus difficiles à définir : influence d'un échangeur sur l'implantation industrielle, etc.).

Les traitements numériques sont homogènes et reproductibles. Ils assurent une impartialité totale, ce qui permet de constater des changements sans avancer d'explications. En revanche, c'est en croisant ces évolutions avec d'autres informations que l'on pourra interpréter ces changements et déduire s'ils sont liés ou non aux aménagements réalisés.

On utilise, pour ce faire, des données satellites. Par exemple, pendant dix ans, nous allons suivre la réalisation d'une autoroute, en cours de construction entre Dole et Bourg-en-Bresse. Un premier bilan a déjà été réalisé. Il sera reproduit tous les trois ans afin de constater, pendant et après le chantier, les évolutions induites par l'aménagement.

A l'avenir, ces outils s'amélioreront avec, entre autres, l'usage du moyen infrarouge. Les tests concernant la connaissance et la diffusion du bâti sont aussi extrêmement prometteurs. Plus généralement, nous devons clarifier nos méthodes pour identifier, dans nos études amont, nos besoins en matière de données et de traitement. Nous devons aussi utiliser les informations descriptives, comme les cartes d'occupation du sol, pour élaborer des indicateurs environnementaux, sources d'évaluations et de suivis. Ils seront à l'origine de données et d'informations sur des phénomènes que nous tenons à observer comme le bruit, les risques de pollution ou de fragmentation de l'espace. Nous pourrons ainsi comparer les solutions et suivre leurs effets directs et indirects. Trop souvent, les préoccupations économiques des communes sont d'ordre statistique ; la dimension spatiale y fait défaut. Ces outils rendront compte de la répartition dans l'espace des phénomènes. En fonction de cette localisation, nous comprendrons les causes des évolutions environnementales.

En plus de cette connaissance, se dégage un aspect pédagogique extrêmement important. En effet, bien comprendre ces phénomènes et savoir les maîtriser sera, pour nous, la chance de promouvoir l'environnement.

Débat

De la salle

Je désire poser trois questions à Isabelle Forge.

- ⇒ Quel est le pourcentage du territoire français couvert par CORINE Land Cover ?
- ⇒ Comment une commune élabore-t-elle un plan d'occupation des sols et quel en est le coût ?
- ⇒ Comment ce programme a-t-il influencé les décisions de la Commission Européenne ?

Isabelle FORGE

CORINE Land Cover est disponible sur toutes les régions sud. Ce programme est en passe d'être terminé en Auvergne, dans le Limousin et la région Rhône-Alpes. Cependant, si une région particulière vous intéresse, contactez-moi et je vous renseignerai. Quoi qu'il en soit, ce programme sera disponible sur la France entière en mai ou juin prochain.

Les utilisations de CORINE Land Cover sont doubles. Tout d'abord, CORINE Land Cover fournit un certain nombre d'études qui sont destinées aux bureaux de recherche ou au CNRS. Dans ce cas, **l'IFEN** se charge de fournir les fichiers numériques. Ensuite, CORINE Land Cover peut être utilisé à des fins commerciales, personnelles ou privées. L'IGN se charge alors de la diffusion. Les prix que j'ai cités précédemment correspondaient aux coûts de production. Le prix de diffusion a été établi avec l'IGN et s'élève, hors taxes, à **4,46** francs au kilomètre carré.

Toute l'Europe n'a pas achevé la production de CORINE Land Cover. De ce fait, les données ne sont pas homogènes. La Communauté n'a donc eu accès qu'à certaines données issues de quelques pays pour réfléchir à une mise en place globale de la gestion et de la politique de l'environnement.

De la salle

Suite à l'intervention de Madame **Chatain** sur le problème routier, je voudrais préciser qu'un CD-Rom existe sur l'avancement de ces travaux. Il suffit de le demander à Spotimage.

De la salle

Lors de la présentation de CORINE Erosion à propos des bords de mer, j'ai été surpris de ne voir figurer ni les flux océaniques ni les courants marins.

Isabelle FORGE

J'ai présenté CORINE Land Cover dans le cadre de la gestion du littoral et des zones humides. CORINE Erosion côtière m'a simplement servi de base de données secondaires sur ce thème. C'est pourquoi les exemples étaient succincts et schématiques.

De la salle

Peut-on extraire directement des indicateurs à partir des données spatiales ?

Martine CHATAIN

Nous mettons au point un indicateur concernant la fragmentation des espaces naturels. De plus, dans le cadre du schéma directeur, différents projets d'étude sur les autoroutes sont en cours. Enfin, la Direction de la Nature et des Paysages se préoccupe d'un concept particulier appelé zone de silence. Nous tentons de rapprocher cette notion des zones urbanisées ou des couloirs de nuisances liés aux infrastructures routières, ferroviaires et aériennes.

Données satellites et mesures au sol : accès à l'information pour aide à la décision et expertise contradictoire

Table Ronde

Michel PAILLON, responsable de la DG XII au CCE

Laurent LE BEL, BRGM

Michel DEHAIE, L CT Montpellier

Jacques RIVERA UD, Spotimage

Jean-Jacques DA VAINÉ, ville de Nancy

Philippe POINTEREAU, France Nature Environnement

Gilles SOMMERIA, Ministère de l'Indus trie

Jean-Claude L UMMAUX, Conseil national de l'information géographique

La table ronde a été animée par Jacques VARET, chef du service de la Recherche et des Affaires économiques au Ministère de l'Environnement.

Jacques VARET

Il faut avant tout préciser les limites de l'information spatiale pour les applications environnementales. Je demande donc à tous les intervenants de cibler leur intervention sur les atouts principaux de l'exploitation des données spatiales pour l'environnement, mais aussi sur les limites d'accès à ces informations. Ces dernières ne peuvent-elles être repoussées par des travaux de recherche et développement qui permettraient de rendre ces informations spatiales encore plus utiles et accessibles ?

Michel PAILLON

Je suis très heureux de représenter un point de vue inhabituel, celui de la Commission de la Communauté Européenne, en tant que responsable de l'unité espace au sein de la DG XII, travaillant sur les applications de la télédétection en coopération avec l'Institut des applications de télédétection, mentionné précédemment.

Je voudrais rappeler l'importance de la télédétection pour la Commission. Dans le cadre de la politique agricole commune, le budget consacré à l'achat des images, en 1995, s'élevait à 1,4 million d'écus. Ce chiffre, non négligeable, est en progression constante. De 1994 à 1995, il a augmenté de 30 %. D'autres applications émergent mais celle-ci reste la plus importante. Par ailleurs, des travaux sont en cours sur le suivi et la surveillance de l'environnement pour définir les besoins des utilisateurs.

Je détiens quelques chiffres, datant de 1994, concernant les prévisions d'évolution du marché. Le revenu possible s'élève à 173 millions d'écus, le nombre de clients à environ 5 000. Ces chiffres ne prennent pas en compte les aspects météorologiques. Cette analyse sommaire est assez représentative de la situation en 1994.

En l'an 2000, nous pourrions obtenir 270 millions d'écus de revenu et réaliser 12 000 transactions, selon une hypothèse optimiste et sans la météorologie. Ceci vous donne une idée de la masse considérable d'informations en circulation, à traiter et à stocker.

Le problème dépasse naturellement le cadre national et concerne l'Europe entière. L'accès à l'information spatiale est donc un sujet crucial. Le développement des nouvelles applications techniques est aussi une préoccupation majeure de la Commission Européenne. Nous voulons, dans ces deux domaines, développer un nouveau marché. Je crois que cet objectif est bien du ressort de l'Union Européenne.

Face à ce phénomène, nous devons mettre en place un système d'informations et de distribution des données. Au sein de la Commission, le programme pour un centre européen d'observation de la terre a été lancé. L'objet de ce réseau de distribution est l'échange d'informations entre les utilisateurs et les fournisseurs de données. Ce système souple a pour vocation d'offrir à des utilisateurs terrain, sans connaissances particulières de la télédétection, des informations adaptées. Il faut que les informations soient standardisées et facilement accessibles au plus grand nombre. Le centre offrirait ainsi aux utilisateurs qui n'ont pas les compétences techniques, les moyens de préciser leur demande.

Comme la phase de définition du projet vient d'être achevée et que les premières applications sont mises en œuvre, il devrait être opérationnel en 1998. A l'institut des applications de la télédétection, où se trouve le chef de projet qui collabore avec les services de la Commission à Bruxelles, on n'attend plus que l'accord du comité de gestion pour entamer une série d'actions avec les Etats membres, les industriels et les organismes de recherche. L'appel à propositions devrait être lancé au mois de mars.

Jacques VARET

Je passe la parole à Laurent Le Bel, du service géologique national, pour qu'il nous fasse part de l'expérience d'un grand usager public.

Laurent LE BEL

Je vais vous faire part de l'expérience du BRGM en matière d'utilisation des images satellitaires et des limites techniques et financières. Je parle uniquement des missions de service public du BRGM en France métropolitaine et dans les Dom-Tom. Nous intervenons dans le domaine des cartes thématiques. Nous formulons une opinion sur l'attitude du milieu face à un phénomène quelconque. Pour nous, l'image satellitaire **monodate** contribue à élaborer une ou plusieurs couvertures dans le cadre de systèmes d'informations géographiques caractérisant le milieu en matière de morphologie, d'utilisation du sol ou de bâti structural. Nous utilisons, en complément, le modèle

numérique de Guérin et la carte géologique. Les produits cartographiques dérivés dont les cartes de potentiel en matériaux de construction ou d'aptitude à l'enfouissement des déchets, sont divers. Nous travaillons sur des échelles variant entre le 25 et le 100 000ème. Nous ne connaissons pas de difficultés techniques comme, par exemple, Madame Chatain ou Monsieur Delavigne qui réalisent des études d'ingénierie similaires.

Dans le domaine de la cartographie réglementaire, BRGM révisé les schémas départementaux des carrières. L'image satellitaire permet ainsi la délimitation précise et le suivi de l'extension des carrières ou de l'insertion des gravières dans le paysage. Les cartes sont délivrées au 25 000ème. Une fois de plus, la résolution de l'image satellitaire ne pose aucune difficulté technique. Nous intervenons également sur l'élaboration des centres de stockage des déchets stabilisés. La méthodologie reste identique, nous utilisons la couche fournie par l'image satellitaire intégrée dans un système d'informations géographiques.

Pour réaliser ces deux types de produits, nous avons recours à Spot XS couplé avec les MNT fournis par l'IGN ou Paris Star.

En revanche et à l'image de Madame le Ministre, nous nous interrogeons sur l'apport de l'image satellitaire vis-à-vis de la connaissance et de la prévention des dangers naturels. Dans ce domaine, nous intervenons selon une méthode proche de la cartographie réglementaire, en délimitant des zones d'exclusion suivant les aléas. Nous constatons les dégâts *a posteriori* d'une dégradation brutale ou lente des milieux, en nous appuyant, cette fois, sur des images multitemporelles et le repérage d'indicateurs de détérioration. Cette démarche sophistiquée est techniquement plus difficile. La résolution spatiale constitue une première limite influant sur l'échelle de travail et la précision des MNT, dont certains sont produits par image satellitaire. Cet handicap sera réduit grâce à Spot 5. D'ailleurs, les simulations ont fortement intéressé nos équipes centrées sur les risques naturels.

Les autres caractéristiques techniques sont *a priori* moins contraignantes. Par exemple, grâce à Spot 4, pour la résolution spectrale, nous savons que l'information sera retenue dans la bande de moyen infrarouge. En ce qui concerne la répétitivité à l'accessibilité, seules les catastrophes subites posent des problèmes. Cependant, Spotimage s'efforce de prévoir des programmes d'urgence. Les futurs capteurs représenteront donc un progrès significatif pour la prévention des risques naturels. Nous attendons aussi beaucoup de paramètres encore à l'étude, comme des MNT fins confectionnés suivant plusieurs approches. Dans le domaine de la détection des mouvements de terrain, plusieurs manipulations sont en cours, Ensuite, nous pouvons citer les signatures thermiques et les ressources en eau. Comme le japonais ERSTER ou le programme IRSUT, nous sommes demandeurs de ce type de signatures.

Malheureusement, nous connaissons nos limites économiques. Nos études régulières montrent que les coûts d'acquisition représentent 10 à 70 % du coût de l'étude. La moyenne s'établit entre 20 et 30 %. Or les budgets publics alloués au BRGM subissent des tensions.

Jacques VARET

Michel Dehaie nous fait maintenant part de l'expérience d'un laboratoire de recherche de Montpellier.

Michel DEHAIE

Le LCT est partagé entre un organisme de formation, l'École Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts et un organisme de recherche, le CEMAGREF.

Premièrement, nous intervenons sur le développement des méthodes d'exploitation des images satellitaires. Nous améliorons donc les données comme les images optiques, les images radar ou les données infrarouges thermiques. Nous cherchons à savoir comment transférer ces données pour résoudre des problèmes d'aménagement du territoire ou de surveillance des espaces ruraux et forestiers. Nous utilisons ces informations spatiales couplées aux SIG car la dimension spatiale n'est effectivement pas encore maîtrisée ni même prise en compte. Nous insérons ces éléments dans la formation de nos ingénieurs et dans certains cours de formation continue.

L'information satellitaire existe. De plus, elle est associée à une garantie de services. Cependant, il faut du temps pour que les gestionnaires s'habituent à ces nouvelles technologies. Les données radar ou optiques de Spot vont s'améliorer en devenant plus précises. Il importe de se préparer à ces progrès. Parler de paysages, de **déprise** agricole ou de progression du reboisement n'est pas simplement une affaire de statistiques. Il faut savoir où se situe le phénomène dans l'espace. Sur ce point, le satellite apporte une information objective, répétitive et de qualité.

Les limites intrinsèques portent sur la précision cartographique et sur la typologie des informations souhaitées. Par exemple, les satellites ont une résolution spatiale de dix, vingt ou trente mètres. De même, les données CORINE ont été conçues pour être utilisées au 100 000ème et non au 5 000ème. Il faut donc utiliser les échelles adaptées aux données. Je ne parierais pas non plus sur la possibilité d'établir une typologie complète des essences de feuillus par satellite.

Les limites proviennent également des méconnaissances techniques des opérateurs. La formation est une solution malgré les résistances au changement. Prenons un forestier ; il peut connaître des difficultés de reconnaissance, mais, présent sur le terrain, il peut toujours aller voir de plus près. Le satellite, lui, peut **cartographier** des dégâts de tempête, ce qui, jusqu'à présent, n'a jamais été accompli ni sur le plan national ni sur le plan européen.

Jacques VARET

J'invite Serge Riveraud à nous faire part du point de vue de Spot-Image = comment évolue son offre pour l'environnement ?

Jacques RIVERAUD

Les contraintes de Spot sont diverses. Tout d'abord, elles peuvent concerner les applications sur la résolution spatiale. Dix mètres sont suffisants pour beaucoup d'entre elles. Cependant, des améliorations verront le jour dans le domaine spectral, grâce à une bande de moyen infrarouge sur Spot 4, et une révolution de cinq mètres en automatique et dix mètres en multispectral sur Spot 5.

Une autre contrainte est celle du temps, afin d'obtenir des images assez rapidement. Spot est un satellite d'angle visible à optique. Si l'on veut, par exemple, évaluer les dégâts d'une inondation, les nuages peuvent empêcher la vision.

Les améliorations futures des techniques spatiales pour le programme Spot sont indissociables des améliorations des services rendus afin d'accélérer la vitesse de production. Une image conservée en archive est produite sous 48 heures. Un utilisateur français recevra certainement sa commande dans les trois jours. A condition que la visibilité du satellite soit favorable, on produit une image Spot en trois ou quatre jours.

De plus, nous maintenons en vol trois satellites, Spot 1, 2 et 3. Les deux derniers sont opérationnels, entre autres, pour des programmes européens de statistiques agricoles ou le FEOGA, tandis que Spot 1 reste en orbite, si nécessaire. Nous garantissons ainsi la continuité de l'usage de nos satellites. Spot 4 les rejoindra dans un mois et demi.

Spot conserve actuellement 4,5 millions d'images en archive, Spotimage est même présent sur Internet. Nous y présentons nos produits, nos prix et désormais notre catalogue. Vous pouvez donc profiter de nos images et échantillons directement chez vous, à raison de 500 francs par an ou 2 500 francs pour une période illimitée.

Jacques VARET

Voici maintenant le point de vue d'un usager d'une collectivité locale = la ville de Nancy.

Jean-Jacques DAVAINÉ .

J'insisterai sur les aspects de politique locale et universitaire à Nancy. Les universités et les collectivités mènent effectivement des opérations sur le plan applicatif et celui de la recherche. Les limites ont déjà été soulignées par mes prédécesseurs. Dans le cadre de l'analyse multitemporelle, je soulignerai la difficulté d'avoir, à une époque donnée, le cliché idéal. Une autre difficulté réside dans la nécessité de réaliser tous les travaux de correction géométrique. Comme les évolutions concernent particulièrement le milieu urbain, je suis très intéressé, par exemple par Spot 5. Je pose aussi le problème de l'efficacité du logiciel. Il faut placer nos espoirs dans l'intelligence. Je pense notamment à la morphologie urbaine. Les limites seront alors très largement dépassées. Tout en conservant les qualités intrinsèques de l'image, nous pourrions adapter les développements et établir des synergies entre les sources d'informations endogènes et les bases de données exogènes. Nous fondons nos espoirs sur ces développements en milieu urbain mais aussi sur des sujets qui nous intéressent particulièrement, comme la

fragmentation des espaces naturels et l'édification automatique d'indices la concernant. L'objectif des chercheurs de Nancy est de réduire au maximum l'intervention manuelle. Dans quelques années, les évolutions des logiciels permettront de franchir un cap important sur ce point.

En ce qui concerne la diffusion de l'information, je connais le programme prévu au niveau européen. Actuellement, l'agglomération de Nancy et l'université sont impliquées sur deux projets. Le premier vise la fusion et la mise à disposition des données liées à l'information géographique. Le second, validé par le programme européen Télématix, est le fruit d'une collaboration avec Matra, plusieurs laboratoires universitaires dont ceux de Nancy et deux de Karlsruhe, un groupement de Nouméa et une entreprise grecque de multimédia. La subvention offerte par la Communauté Européenne s'élève à 10 millions de francs. Ce programme comporte deux parties : un réseau à haut débit à destination des collectivités locales et l'information de certains utilisateurs privilégiés sur l'investissement de la recherche ou du tourisme professionnel. Les acteurs français travaillent sur la définition du cahier des charges, des métabases en hypertexte et des systèmes d'extraction thématique.

Jacques VARET

Votre exposé est très intéressant car il pose la question de la généralisation de ces actions. En effet, dans quelle mesure toutes les collectivités locales auront-elles la capacité de suivre vos traces dans ce domaine ? Nous y reviendrons plus tard. Je passe maintenant la parole au représentant de France Nature Environnement qui nous fait part du point de vue des associations.

Philippe POINTEREAU

Je suis persuadé de l'enjeu important soulevé par les problèmes de l'environnement. En fait, le débat tourne autour de la possibilité offerte aux citoyens et aux associations d'utiliser les images satellitaires pour accéder à plus d'informations sur l'environnement.

J'ai bien compris qu'on stockait de plus en plus d'images, en vue d'un large marché. Il faudrait alors fournir plus d'informations aux usagers. De plus, je m'interroge sur les conditions d'accès et de prix. Les associations pour l'environnement, plus que jamais, aspirent à des données supplémentaires. Même si l'image satellitaire nous a beaucoup apporté sur des phénomènes planétaires comme la couche d'ozone, l'atmosphère, les forêts amazoniennes, je reste sceptique quant à la diffusion, en France, de cet outil, dans les dix prochaines années. Par exemple, j'ai participé activement à l'élaboration des indicateurs de gestion durable des forêts. Deux enquêtes remarquables dont celle d'utilisation de territoire du CES ont répondu à nos besoins. Il faut donc débiter par recenser les besoins avant de choisir les outils les plus appropriés.,.

Récemment, nous avons été incapables de croiser des informations intéressantes sur le thème crucial de l'eau et de la forêt. Certes, la forêt régule les débits et la pureté de l'eau, mais nous n'avons pas trouvé d'informations statistiques fiables. C'est pourquoi je pose le problème d'accès aux indicateurs.

De surcroît, la diffusion et le traitement des données impliquent de nouvelles difficultés. Voyez les statistiques agricoles françaises. Les multiples antennes départementales sont particulièrement efficaces mais ne fournissent aucun renseignement en terme d'environnement et d'agriculture. L'information existe mais elle n'est pas traitée. Il faudrait donc la vulgariser pour les utilisateurs.

Les limites économiques, dues aux restrictions budgétaires, sont également fort présentes. Par exemple, l'inventaire communal a été remis en question. Or nous en avons besoin car c'est un outil fiable, entre autres, pour les questions de collecte et de traitement des déchets. Le satellite n'est pas le seul investissement à envisager.

Les phénomènes naturels vont de plus en plus vite. Nous avons donc besoin de l'information immédiatement, mais aussi de pouvoir reculer dans le temps. Par exemple, j'ai constaté que des enquêtes intéressantes, datant de 1929, ont disparu. Rappelons-nous de Nietzsche qui disait : « L'homme du futur est celui qui a la plus longue mémoire. »

Aujourd'hui, je suis fasciné par le satellite et vos discours instructifs. Mais les problèmes concrets d'environnement ne sont pas résolus. Actuellement, la surface occupée par les routes et les parkings est plus vaste que celle des forêts domaniales. Le satellite est sans doute un outil utile mais il ne se substitue pas aux autres. Il faut choisir parmi eux et trouver à chacun un usage pertinent.

Jacques VARET

Je me tourne vers Gilles Sommeria. Comment le Ministère de l'Industrie prend-il en compte la demande des usagers ?

Gilles SOMMERIA

Mon intervention sera totalement différente de celle de mon prédécesseur. Je suis Conseiller observation de la terre à la Sous-Direction Espace, affiliée directement au Ministère délégué des Postes, Télécommunications et Espace. Nous appartenons à une Direction Générale' des Stratégies Industrielles. Notre rôle est de préparer l'action gouvernementale en matière de politique spatiale et industrielle et de participer à l'exercice de la tutelle du CNES par notre direction, en collaboration avec le Ministère de la Recherche et de la Défense.

Nous intervenons en amont, lors de la décision des programmes d'observation spatiaux et, en aval, pour favoriser l'utilisation des données spatiales. Nous considérons l'observation de la terre comme un marché émergent. Une partie de ce marché concerne l'environnement, sa surveillance, sa protection et sa gestion. Vraisemblablement, il s'oriente vers la prévention des risques anthropogéniques ou naturels. Les phases d'applications potentielles sont nombreuses. Encore faut-il obtenir des résultats concrets grâce au dialogue engagé avec les autres parties.

L'an dernier, le Ministère a rédigé un document, édité par la Sous-Direction Espace, sur la politique de diffusion des données spatiales d'observation de la terre, conjointement avec d'autres ministères comme celui de la Recherche ou des Transports. Auparavant, nous avons consulté les organismes utilisateurs, réunis au sein d'un groupe de travail interministériel présidé par Monsieur Gilet de Météo France et auquel a participé Monsieur Lummaux.

Pour justifier l'effort financier par l'Etat, nous n'envisageons pas un retour sur investissement purement financier. Il peut être de nature scientifique ou humanitaire, à partir du moment où un accord particulier a été entendu. La mise en œuvre de ce principe requiert la clarification du droit international sur la propriété intellectuelle.

Le coût des données d'observation de la terre est inférieur au coût réel, incluant les investissements. Nous sommes en période transitoire de développement progressif d'un marché. Cependant, l'établissement d'un prix raisonnable en est une condition nécessaire, de sorte qu'un utilisateur puisse obtenir une offre de qualité, durable et adaptée à ses besoins. Le prix des données doit être établi sur des critères non discriminatoires. En revanche, pour des programmes non couverts par des accords spécifiques, il faudra prévoir des actions incitatives comme pour la recherche ou la démonstration de nouvelles technologies.

En outre, le Ministère détient une enveloppe de crédits de politique industrielle, indépendante du CNES pour soutenir le développement de produits commercialisables appliqués à l'observation de la terre. De plus, la Sous-Direction de l'Espace représente la France au Space Advisory Group de la Commission Européenne. A ce titre, nous avons soutenu l'introduction d'un volet spatial dans le programme environnement et climat ainsi que la mise en place d'une action thématique de la DG XII, sur l'utilisation des données d'observation de la terre pour la surveillance de l'environnement. Le Ministère finance également des études pour mieux comprendre les enjeux de cette observation et éventuellement aider au développement de l'utilisation des données.

Jacques VARET

Pour conclure ce tour de table, Monsieur Lummaux nous fait part de l'avis du CNIG en matière de politique de diffusion des données spatiales.

Jean-Claude LUMMAUX

Le Conseil National de l'Information Géographique a pour but de coordonner tous les producteurs français d'informations géographiques.

Le choix du spatial doit se fonder sur des raisons objectives. Le satellite d'observation de la terre présente certaines caractéristiques qui motivent le choix d'un tel système d'informations. En tant que système de recueil d'informations systématique et répétitif à raison d'une fréquence de trois semaines, il a la particularité de fournir une mesure physique. De plus, sa couverture est globale, ce qui signifie que les spécifications des images reçues sont identiques quel que soit le point de réception sur la terre. Il faut aussi

savoir mêler les sources d'informations comme les images spatiales et d'autres moyens, comme ceux décrivant les aspects fonctionnels du territoire.

Economiquement, le prix des images doit couvrir une partie du coût de fonctionnement du système. Le barème établi est objectif, indépendant de toute application, de sorte que l'opérateur ne puisse pas privilégier une application ; sinon, ce serait **dangereux**. La décision relève du politique. Il est effectivement regrettable que d'importants moyens de financement aient été consacrés à la conception d'un satellite au détriment d'autres applications nationales.

Nous devons aussi concentrer nos efforts pour améliorer la formation et les services. L'objectivité des traitements et la facilité d'accès pour l'utilisateur doivent être garanties. Nous devons ainsi définir le processus de traitement et le contenu de la formation des utilisateurs, par exemple, sur la modélisation.

Jacques VARET

Je tiens à préciser que, malgré nos efforts, l'environnement est encore trop externalisé par l'économie. A cause de cette situation, l'usager environnemental est peu solvable. Comment faire alors pour que ces données lui soient accessibles dans des conditions acceptables ? Monsieur Riveraud, la politique de Spot-Image envisage-t-elle d'agir sur les coûts de diffusion de l'information en faveur de ces usagers, en offrant des produits prétraités, dix ou vingt fois moins chers ?

En référence à l'intervention de Monsieur Sommeria sur le principe de retour d'investissement, j'estime que l'environnement peut être considéré comme une cause humanitaire. Les Ministères de l'Industrie et de l'**Environnement** envisagent-ils une réflexion commune sur la possibilité de mesurer un retour non financier de ces investissements ?

Jacques RIVERAUD

Je pense que l'environnement fait entièrement partie de l'économie. Par rapport aux informations issues des images, les coûts des données fournies par Spot varient de 10 à 20 %. Si vous utilisez une image Spot pour une étude d'occupation du sol sur 3 600 kilomètres carrés, c'est peu cher, car pour une cartographie au 50 000ème, l'image vous reviendra, en tout, à 17 000 francs. En revanche, si vous utilisez l'image pour mesurer l'ampleur d'une crue de rivière, le prix sera le même mais, en comparaison, relativement plus cher.

La solution réside dans le partage des informations. Les systèmes d'informations géographiques devraient tenir compte de cette possibilité d'offrir des services à une communauté d'utilisateurs. Ces derniers bénéficieraient ainsi de données traitées et adaptées. Maintenant, je pense que cette offre doit émaner des collectivités territoriales, qui doivent s'entendre entre elles, pour définir leurs besoins, venir commander les images Spot et les insérer dans leur propre SIG. Par conséquent, le coût de la donnée sera moindre.

Gilles SOMMERIA

La politique publique doit naturellement intégrer le prix réel des problèmes environnementaux. Cependant, dans la mesure où l'environnement ne reçoit pas les fonds nécessaires, il faut effectivement envisager de placer le retour d'investissement sur un plan humanitaire et non financier. Nous avons déjà agi en ce sens.

- ⇒ Voyez la participation gratuite des agences spatiales dans les programmes de recherche sur le climat. Les satellites météorologiques fonctionnent grâce aux subventions publiques.
- ⇒ Des programmes internationaux devraient appuyer des résolutions comme celles de Rio sur la prévention de la désertification.
- ⇒ On peut aussi mentionner le programme environnement et climat de la Commission Européenne qui représente un investissement d'un milliard d'euros sur quatre ans et dont le tiers est alloué à l'espace.

Michel ODIER

Direction de l'eau au Ministère de l'Environnement

Le thème des données du sol et de la transmission des données a été peu abordé. Certes, à cause de la couverture nuageuse, on ne peut pas toujours observer le sol du satellite et, de fait, certains risques ne sont pas repérés par la télédétection. En revanche, ils sont potentiellement couverts par la transmission des données par satellite. C'est un autre usage du satellite. Par exemple, pour la montée des crues, on peut envisager d'utiliser le satellite pour transmettre rapidement les données depuis des stations au sol. Cet usage peut d'ailleurs se généraliser aux risques majeurs, dont le transport des matières dangereuses.

De même, les coûts devraient diminuer pour devenir compétitifs par rapport aux transmissions téléphoniques ou radio. Déjà, la radio est fortement concurrencée par le téléphone cellulaire et les PTT restreignent l'extension des fréquences radio. Nous subissons donc des pressions, d'autant que le téléphone, en période de crue, peut être anéanti par la foudre. Il me semble donc qu'une réunion des différents interlocuteurs, susceptibles d'utiliser le satellite dans ce domaine serait utile pour réserver des canaux et faciliter la transmission des données en temps réel.

Laurent LE BEL

Les risques sismiques et de mouvement de terrain intéressent particulièrement le BRGM. D'ailleurs, depuis un an, nous y travaillons avec le CNES. Nous essayons de déterminer les capteurs les plus fiables dans ces conditions spécifiques. Le choix entre des capteurs au sol transmettant des données par satellite ou des satellites observant le phénomène n'a pas encore été arrêté.

De la salle

Souvent, les données satellites ne peuvent pas être utilisées en l'absence d'autres données. Une série de retraitements est nécessaire pour rendre le produit compréhensible et accessible à tous. Ne nous focalisons donc pas sur les informations météorologiques à la télévision qui montrent les données satellites car ces dernières ont plutôt une vocation pédagogique. Finalement, étant donné le coût des retraitements, le prix payé par l'utilisateur final est relativement peu élevé.

Philippe POINTEREAU

Je reviens simplement sur votre référence à la télévision qui pose le problème de l'accès à l'information sur l'environnement. Aux heures de grande écoute, à la télévision comme à la radio, on nous parle plutôt du CAC 40 que de l'indice de pollution. Certes, nous avons la météo mais elle ne propose aucun indicateur. Or les journalistes aiment les indices. De ce fait, l'environnement n'existe pas. Quand nous aurons établi un indice d'état de santé de la planète, semblable au CAC 40, nous aurons largement progressé.

Jacques VARET

Il est vrai que depuis l'existence, à Paris, de l'indice de la qualité de l'air, les gens s'en préoccupent davantage. Vous avez donc raison de souligner la nécessité de disposer d'indicateurs pour l'environnement.

De la salle

Existe-t-il d'autres sociétés produisant des données satellites en Europe ? Sur le plan de la concurrence, comment s'établissent les prix ?

Jacques RIVERAUD

Pour Spot, nous sommes les seuls. Au niveau européen, on peut recenser les satellites radar ERS 1 et 2, dont la distribution des données est assurée par Spotimage en France et Eurimage en Europe. Cette dernière entreprise diffuse également les images du satellite Landsat, sauf en France, où cette tâche est confiée au GDTA.

Nous ne pratiquons pas tous les mêmes prix. On nous reproche même d'être trop cher par rapport à Landsat. Cependant, Spot offre neuf fois plus d'informations sur image à dix mètres que Landsat à trente mètres. Pour un urbaniste, cette offre d'informations supplémentaires est précieuse. Evidemment, pour un producteur de cartes au 200 000ème, cette prestation ne vaut rien.

Néanmoins, tous les distributeurs de données spatiales pratiquent globalement les mêmes tarifs. Ramené au kilomètre carré, Spot est effectivement plus cher que Landsat

car le satellite ERS est environ deux à trois fois moins cher que Spot. En revanche, le satellite canadien commercialisera des produits au moins aussi coûteux que Spot.

De la salle

Il n'est pas question de discuter le prix mais de proposer à l'industrie, comme Monsieur Sommeria l'a mentionné précédemment, un retour sur investissement humanitaire et non financier. Pouvez vous éclairer cette notion ?

Gilles SOMMERIA

C'est une notion extrêmement large. Le retour humanitaire me paraît évident dans le domaine météorologique et climatique. Il est question de programmes de prévention contre les risques naturels, soutenus par les Nations Unies. Tout dépend des besoins des utilisateurs.

Jacques VARET

Il est temps à présent de conclure. A l'issue de tels débats, les participants repartent souvent frustrés, les problèmes sensibles étant soulevés trop tardivement. Je tiens à dire néanmoins que nous avons traité beaucoup de questions aujourd'hui et qu'elles seront notées au procès-verbal de ces Entretiens.

Je pense que nous avons contribué au développement du dialogue entre les usagers environnementaux et les producteurs d'informations spatiales. Comme nous avons pu le constater, la demande dans ce domaine est forte et l'offre doit s'y adapter. Nous devons donc travailler ensemble à l'élaboration d'instruments de médiation, destinés aux usagers environnementaux, afin de faciliter l'accès à l'information tout en en réduisant le coût.

La discussion reste donc ouverte. Contactez le Ministère de l'Environnement, faites part de vos réflexions et nous en tiendrons compte dans la définition de notre politique en partenariat avec le CNES et les acteurs de la recherche et de l'industrie spatiale. Merci à vous tous. Je vous donne rendez vous pour les prochains Entretiens qui se dérouleront au mois de mars.

Compte rendu réalisé par la société Hors Ligne - (1) 47 12 16 90