



***QUELLES CAPACITES SPATIALES AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT
POUR L'EUROPE ?***

**Mémoire de géopolitique
du Commandant Christophe MARI
dans le cadre du séminaire « L'espace aérien et spatial européen »**

Directeur : M Thierry GARCIN

MARS 2006

FICHE DOCUMENTAIRE

1. Quelles capacités spatiales au service de l'environnement pour l'Europe ?
2. 20062203_memoire_capacités_spatiales_environnement_Europe_MARI.doc
3. Commandant (AIR) MARI Christophe (France)
4. 22 mars 2006
5. Division D – groupe D5
6. Mémoire de géopolitique
7. L'espace demeure un enjeu stratégique pour les grandes puissances. Deuxième puissance spatiale après les Etats-Unis, l'Europe n'explore pourtant pas la même dominante spatiale, ne possédant ni l'envergure financière américaine, ni les mêmes aspirations politiques. Le sujet environnemental pourrait alors constituer pour l'Europe un véritable dénominateur commun apte à fédérer des volontés communautaires aujourd'hui embryonnaires, à lui permettre de jouer un rôle majeur sur la scène internationale dans divers domaines liés à la préservation de la planète (changements climatiques, gestion des déchets, traitement des pollutions, gestion des ressources. En outre, la démarche initiée dans le secteur environnemental est duale : elle est aussi symboliquement et pragmatiquement appropriée pour initier une démarche commune dans le domaine de la sécurité européenne au travers de la prévision et la gestion des crises et des risques naturels.
8. Espace, Europe, Environnement.

***QUELLES CAPACITES SPATIALES AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT
POUR L'EUROPE ?***

SOMMAIRE

PREMIÈRE PARTIE :

L'ESPACE COMME OUTIL POUR L'ENVIRONNEMENT EN EUROPE

Le potentiel de l'outil spatial

L'existant : des succès spatiaux européens pour l'environnement

DEUXIÈME PARTIE:

**L'ENVIRONNEMENT, UNE CHANCE POUR L'EUROPE, UNE OPPORTUNITE
DE FORGER UNE VISION COMMUNE**

La notion d'environnement : du principe altruiste à la réalité économique

Des scénarios prospectifs et de leur influence sur l'espace et l'environnement

AVANT PROPOS

« La terre ne nous appartient pas, nous l'empruntons à nos enfants »

Antoine de Saint-Exupéry.

Les valeurs occidentales incarnent aujourd'hui la toute puissance de la technologie et feraient presque penser que l'individu se suffit de la société que les hommes ont érigée en rempart de la nature. Mais, il n'en n'est rien. D'abord parce que l'individu demeure toujours imprégné du sens naturel et qu'il éprouve toujours le besoin de s'en rapprocher. Preuve en est de l'intérêt que porte le quidam pour les annonces météo. Ensuite, d'une façon beaucoup plus pragmatique, car nous dépendons encore des aléas de l'environnement. L'intérêt « soudain » de notre société pour le développement durable et les phénomènes de changement climatiques¹ démontrent que le sujet est sensible et prouvent aussi que l'inquiétude grandit face à ce qui semble être une recrudescence de bouleversements environnementaux: la récurrence et l'amplitude des phénomènes climatiques ou terrestres (tremblements de terre, inondations, sécheresses) augmentent et les pronostics scientifiques sur le réchauffement planétaire pour les décennies à venir présagent tous de changements radicaux à des horizons temporels très proches, sans communes mesures avec les échelles de temps des précédentes modifications climatiques. En outre, à mesure que l'homme marque la nature de son empreinte, il prend conscience que son comportement et son activité sociétale induisent de nouveaux risques à prendre en compte et à maîtriser tels les risques de pollutions industrielles et les risques sécuritaires. Le foisonnement du genre humain entraîne aussi l'émergence de menaces nouvelles (urbanisme non maîtrisé, propagation de maladie endémiques, vague de mouvement d'immigration) qui peuvent compromettre sa survie en tant qu'espèce ou plus prosaïquement son modèle d'organisation de société.

Enfin, à l'encontre du tableau pessimiste dépeint ci-dessus, la connaissance de l'environnement et de la nature dans sa globalité (biosphère, biotope) peut aussi générer un bénéfice pour l'homme. A court terme car la connaissance des milieux peut lui permettre d'optimiser le rendement d'exploitation qu'il tire de ceux-ci (ressources minières, halieutiques, gestion des écosystèmes), à plus long terme car la compréhension entraîne le respect de notre lieu de vie et qu'une part du bien être de chacun repose sur un besoin inné d'appartenir à un ensemble naturel.

¹ Cf. le dernier roman de Michaël Crichton où l'hypothèse des changements climatiques est controversée.

INTRODUCTION

Il est peu de domaine où les aspirations de l'humanité rejoignent celles de la société. Le domaine spatial en est un car il unit dans un même mouvement l'esprit des pionniers à la conquête de nouveaux horizons, le besoin de connaissance et d'exploration scientifique, le pragmatisme économique et l'exploitation d'un milieu en tant que moyen ou canal pour mettre en œuvre des ressources utilisées quotidiennement (télécommunications, relais de télévision, satellites météorologiques).

Aujourd'hui, le domaine spatial fait figure de nouveau défi de puissance: sans sa maîtrise, il ne saurait être question d'accéder au rang de puissance mondiale, que l'on se situe sur le plan militaire ou sur celui de l'économie. Mais c'est aussi un milieu où les nations trouvent leur limite puisque s'effacent leur contrôle territorial ou leur capacité d'intervention.

L'hyper puissance américaine a choisi de consolider sa suprématie en exploitant le domaine spatial dans le domaine militaire² : « l'accès à l'espace et son usage jouent un rôle central dans la préservation de la paix, la protection de la sécurité nationale des Etats-Unis et de leur intérêts civils et commerciaux ». Les spaceniks (« fous d'espace ») du pentagone, à la fois pour des raisons de sécurité intérieure et de logiques industrielles (soutien aux industries américaines) ont orienté la politique de l'administration Bush vers un modèle de doctrine technologique où le recours à l'espace est la clé incontournable pour contrôler les flux d'informations (« situation awareness »), se renseigner et observer tout adversaire potentiel, permettre une conduite nouvelle de la guerre dite réseau centrée en utilisant intensivement les moyens satellitaires, et enfin sanctuariser son propre sol national (programme Missile Defense).

L'Europe, elle, peine à trouver sa voie en matière spatiale. Certes, elle ne possède pas le budget colossal des Etats-Unis dans le domaine spatial (de l'ordre 5 milliards d'euros contre 36 milliards de dollars pour la NASA et l'espace militaire américain) mais elle possède les capacités technologiques et industrielles et sait créer des systèmes performants (lanceurs Ariane) au sein de structure commune (ESA - l'agence spatiale européenne) ou dans un cadre purement étatique. Qui plus est, les prétentions de l'Europe en matière de « défense spatiale » pour des raisons historiques, politiques ne sauraient être calquées sur celles de nos alliés d'outre atlantique. Ainsi, la démarche européenne se doit de trouver un fondement doctrinal différent de celui des Etats-Unis.

² En 1996, la maison blanche publiait le « National Space Policy »

L'utilisation de capacité spatiale au service de l'environnement en Europe pourrait répondre aux aspirations politiques et humanistes (dans une approche planétaire) européennes en même temps qu'elle permettrait de fédérer les ressources et les volontés existantes. En outre, les capacités nécessaires à développer seront forcément duales ce qui rejoindra l'option sécuritaire que tente de promouvoir la Communauté Européenne au travers de la PESC.

PREMIÈRE PARTIE : L'ESPACE COMME OUTIL POUR L'ENVIRONNEMENT EN EUROPE

1 LE POTENTIEL DE L'OUTIL SPATIAL

1.1 Les capacités technologiques:

Par sa nature même, l'utilisation de l'espace à des fins d'observation par des moyens satellitaires s'affranchit des distances et de la vision parfois étriquée des mesures terrestres.

En effet, un satellite possède :

- La capacité d'effectuer des mesures de façon régulière, constante, sans interférer avec le milieu d'observation, tant de façon locale et précise que sur des grandes portions territoriales, notamment en collectant des données sur des étendues difficilement accessibles de par leur nature (fond des océans, forêt amazonienne).
- Toujours les mêmes instruments de mesure garantissant la possibilité de faire des comparaisons de relevés sans corrections liées à l'instrumentation et ceci pour quasiment n'importe quel point du globe.
- Une multitude de possibilités de relevés différents par l'utilisation des techniques liés au positionnement spatial, en particulier celui de l'altimétrie spatiale et l'interférométrie¹. Fait paradoxal, l'imprécision de la connaissance de la position du satellite d'observation permet néanmoins d'effectuer des mesures avec une précision millimétrique.
- Une durée de vie telle que l'uniformité des mesures est garantie sur des périodes d'études longues.

L'ensemble de ces points plaide en faveur de l'usage des satellites comme outil privilégié au service de l'observation et a d'ailleurs été confirmé explicitement en 2002 dans la déclaration de Johannesburg qui fixe des objectifs en matière d'environnement et de développement pour le siècle à venir.

¹ Voir annexe 1 pour les explications techniques.

Ainsi comme le dit José Achache², directeur des programmes d'observation de la Terre à l'agence spatiale européenne : « Après quarante années d'une conquête spatiale engagée dans les années 1960, où l'espace est d'abord le moyen de quitter la Terre et d'aller explorer les confins de l'univers, l'espace fait aujourd'hui retour sur la Terre et devient un instrument de sa bonne gouvernance »

1. 2 Les limitations du spatial

De façon naturelle ou évidente, les systèmes spatiaux présentent des limitations qu'il faut prendre en compte :

- Le délai et les coûts de mise sur pied d'une solution satellitaire, coûts qui demeurent encore très élevés. Certes, des progrès notables ont été faits, notamment dans le domaine des micro satellites et de l'observation par l'imagerie classique qui est passé de système spécifiquement militaire à des systèmes duaux ou purement civils avec des gammes de précision accrue, même si l'intérêt de la haute précision demeure moins crucial pour les applications environnementales. Mais le délai de fourniture d'un satellite rend impossible de procéder à un lancement immédiat pour suivre une catastrophe écologique. Par ailleurs, les technologies et le besoin (i.e. la demande de services dans le cadre environnemental) peuvent avoir évolué entre temps à l'exemple de l'échec de la constellation Iridium dont la société d'exploitation initiale a fait faillite deux ans après les lancements, la technologie sol et le marché de la téléphonie mobile ayant évolué. Il faudra par ailleurs aussi compter avec l'apparition d'autres moyens concurrentiels aux satellites tels les drones sur des segments de marché qui tendent à se recouper (cartographie, surveillance aérienne). Nous pourrions étendre la notion d'espace pour prendre en compte ce type d'engins mais nous nous limiterons au système satellitaire car les caractéristiques fondamentales sont différentes.
- La difficulté pour rendre les systèmes satellitaires accessibles au civil compte tenu de l'importance stratégique de l'imagerie à haute résolution (moins d'un mètre) dans le domaine militaire.
- Les traitements à opérer et les difficultés d'exploitation et d'archivages des données brutes. A titre d'exemple³, en dépit de la forte augmentation de la quantité de données climatiques et environnementales fournies par le système EOS (*Earth Observation System*) de la NASA (quantité qui est passée de 17 téraoctets en 1999 à 1000 téraoctets en 2004), la communauté scientifique est divisée sur le rapport coût/utilité actuel du système, étant donné qu'il est à

² Dans son livre, « Les sentinelles de la terre : pour prévenir les nouveaux désordres de la nature », Hachette littérature Mars, 2004, 185 pages.

³ Exemple issu du rapport de l'OCDE intitulé « l'espace à l'horizon 2030 : relever les défis de demain » .

craindre que les données recueillies ne soient pas pleinement exploitées. Sans compter qu'il faut aussi tenir compte des coûts très élevés d'acquisition et d'exploitation des stations sols.

- En outre, il faudra aussi diffuser d'important flux de données vers les utilisateurs potentiels (nous verrons plus loin les différents « services » environnementaux pouvant être fournis), données préalablement traitées, synthétisées et enrichies et cela de plus en plus en quasi instantané. Des défis technologiques sont donc encore à relever, notamment pour augmenter les débits de transmissions, les fiabiliser, en permettre la réception à des coûts acceptables.
- La difficulté est réelle pour transposer dans les régions en développement ces technologies avancées d'usage courant dans les pays industrialisés (utiles dans le cadre des aides européennes aux pays en développement).
- La possibilité d'un échec au lancement ou d'une panne du système est un aléa toujours possible. L'échec du lancement par une fusée rockot du satellite Cryosat fin 2005 le prouve. Destiné à étudier les régions polaires en observant les variations d'épaisseur de la banquise et des calottes glacières, ce satellite de l'ESA s'est écrasé ...en mer au large du Groenland ;
- La propension toute naturelle qu'ont les satellites à retomber, ce qui limite leur temps d'exploitation. Cela implique de les « remonter » de temps en temps pour les repositionner ou les orienter convenablement vers le point d'observation souhaité. L'énergie embarquée demeure donc un facteur limitant. Cette propriété naturelle implique donc que si l'on veut un système d'observation environnemental pérenne, il faut envisager un processus continu de satellites à mettre en orbite, ce qui est un enjeu majeur en ces temps de restrictions budgétaires. Autant dire qu'il faut convaincre l'opinion publique de consacrer des fonds à ce genre d'activité : l'importance des messages à faire passer (discours autour du développement durable et du principe de précaution) et l'appui sur la notion de services qui pourront être fournis à la demande (programme GMES⁴ européen) s'explique alors autant de manière philosophique et humaniste que de façon plus rationnelle.
- Un des éléments limitatif de l'emploi des satellites est bien entendu son coût mais surtout la nécessité « d'amorçage du système » par des fonds publics car la notion de rentabilité dans le domaine demeure très subtile. Il est indéniable qu'un intérêt stratégique entoure la maîtrise du secteur spatial en termes d'emplois, de cohérence du tissu industriel et technologique, et des possibilités d'applications militaires. Des structures étatiques ou communautaires doivent donc être nécessairement impliquées, même si le secteur privé peut par la suite prendre utilement le relai pour l'exploitation.

⁴ Global Monitoring for Environment and Security.

2 L'EXISTANT : DES SUCCES SPATIAUX EUROPEENS POUR L'ENVIRONNEMENT

Le secteur spatial européen est riche d'expériences réussies donnant matière à être capitalisées au profit de l'environnement.

2.1 Le domaine météorologique

Le plus connu est sans doute le secteur spatial dédié à la météorologie au travers des satellites Météosat et de l'agence européenne qui les exploite, EUMETSAT.

Cette organisation intergouvernementale regroupe 18 Etats européens⁵ et a signé 12 accords avec des États coopérants. Ceux avec la Bulgarie, la Croatie, la Hongrie, la Lettonie, la Lituanie, la Pologne, la Roumanie, la Slovaquie, la Slovénie et la République tchèque sont entrés en vigueur alors que les accords avec la Serbie-Monténégro et l'Islande doivent encore être ratifiés. EUMETSAT exploite actuellement Météosat-6, 7 et 8 (MSG⁶) sur l'Europe et l'Afrique, et Météosat-5 sur l'Océan Indien. Le second MSG a été lancé le 21 décembre 2005.

Dans ce domaine, l'Europe travaille de concert avec d'autres organismes nationaux (ex: NOAA⁷ américaine) dans le cadre de l'Organisation Mondiale de la Météorologie (WMO) et de son programme de Veille Météorologique Mondiale (VMM⁸), avec entre autre un réseau satellitaire météorologique.

Ainsi, en termes de capacité, compte tenu de l'intérêt qu'a l'ensemble des nations à partager les données météorologiques, l'Europe ne se positionne pas dans un secteur de concurrence mais plutôt de partage des ambitions. Et l'Europe y est particulièrement en pointe, technologiquement et opérationnellement parlant, puisque les satellites MSG travaillent dans un domaine multi spectral (12 canaux dont 8 dans l'infrarouge thermique) et délivrent une image toute les 15 minutes contre 30 pour les Météosat précédents.

En outre, le capteur multi spectral (SEVERI⁹) autorise la collecte de données climatiques avec la capacité de déterminer par la température des nuages, de la mer, du sol mais aussi d'analyser la composition des masses d'air atmosphériques (ozone, dioxyde de carbone, vapeur d'eau) et d'ainsi déduire des distributions de neige, de glace et même de végétation. Un autre capteur

⁵ Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède, Suisse et Turquie

⁶ Météosat de Seconde Génération

⁷ National Oceanic and Atmospheric Administration

⁸ Voir annexe 2

⁹ Spinning Enhanced Visible and Infra-red Imager

embarqué, GERB¹⁰, permet de mesurer les radiations thermiques émises ou réfléchies par notre planète.

Par ailleurs, avec les satellites METOP (orbite polaire à 800 km, le premier sera lancé fin 2006), l'Europe pourra fournir des données encore plus précises, dans les domaines de l'imagerie atmosphérique, des températures et de l'humidité mais aussi dans la détermination de mesure de l'ozone, de l'interaction air-mer et des vents maritimes à proximité du sol et ceci de manière conjointe avec les systèmes satellitaires américains (même capteurs, partage des plages horaires de survol).

Ainsi, dans le domaine météorologique pour une période d'au moins 15 ans, les capacités européennes seront présentes et d'un haut niveau de compatibilité et de technologie mais la encore, l'Europe désignée n'est pas l'Europe communautaire exprimant un projet à travers un de ses organes même si désormais des liens plus étroits vont se tisser (projet GMES).

2.1 L'observation pour l'environnement

Dans le domaine de l'exploitation des satellites à des fins environnementales (les limites de ce terme demeure assez large pour le rendre flou et imprécis), depuis les années 80, l'Europe surtout celle des nations (où la France y occupe une place essentielle et prépondérante en matière d'espace) s'est intéressée à l'observation terrestre par le biais de satellite d'observation optique de la gamme SPOT¹¹. L'utilisation initiale de ceux-ci a des fins de cartographie n'est pas dans la thématique environnementale mais elle la rejoint car les applications dérivées, comme l'aide à l'aménagement du territoire (implantation des lignes TGV par exemple) et les usages dans le secteur de l'agriculture (contrôle de la politique agricole commune, agriculture de précision) intègre forcément un volet environnemental. En outre depuis SPOT 4 (1999) et sur SPOT 5, les deux satellites embarquent à leur bord le système européen Végétation réalisé pour la France, la Belgique, la Suède et l'Italie par le Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne (CCR) d'ISPRA (Italie). Ces instruments, financés par la Commission Européenne à hauteur de 55 millions d'euro sur un total de 160 millions, permettent des prises de vue de la végétation de l'ensemble de la planète et ce une fois par jour avec une résolution de 1150 m. Les applications utilisables sont multiples : suivi de l'évolution du couvert végétal (déforestation), évaluation des dommages en cas de feu de forêts ou d'inondations, mais aussi suivi des ressources en eau. La commercialisation des images est quand à elle assurée par la société Eumetsat.

¹⁰ Geostationary Earth Radiation Budget

¹¹ SPOT 1 a été lancé en 1986, le dernier, SPOT 5 en 2002.

En dehors de ces applications, Végétation 1 et 2 ont permis de constater qu'un marché potentiel existe (70 clients de par le monde) mais a surtout mis en exergue que la notion d'environnement ne saurait se limiter à la seule Europe: les images ont été ainsi mise gratuitement à disposition de plus de 4000 utilisateurs notamment aux pays d'Afrique (dans le cadre du projet PUMA¹² dont l'objet est de déployer des stations d'exploitation d'imagerie satellitaire type Météosat dans 53 pays d'Afrique) et d'Amérique latine et a permis de faire bénéficier ceux-ci d'une première expérience dans le traitement et l'utilisation de l'imagerie spatiale. La fin du service Végétation est prévue en 2008. Le programme phare GMES de l'Europe devra trouver un moyen de relève.

2.3 Le domaine océanographique

De manière connexe, l'océanographie spatiale répond à des besoins opérationnels avérés qui ont ouvert la voie à des applications touchant la connaissance environnementale. En effet, notre planète est essentiellement constituée d'eau et les océans jouent un rôle essentiel dans les phénomènes climatologiques et leurs régulations.

Le satellite Topex-Poséidon franco-américain et son successeur JASON 1 ont indéniablement permis des avancées significatives dans le domaine de la connaissance des phénomènes océaniques. Lancé en 1992, la mission de Topex-Poséidon a été définitivement arrêtée après 13 années de fonctionnement en octobre 2005 suite à une panne du système de positionnement alors que sa durée de vie initiale prévue était de 5 ans. Les données recueillies ont, entre autres, permis l'étude du niveau de la mer, du rôle des marées et des variations des courants océaniques.

Jason 1 lancé en 2002 a repris la même mission, sur la même orbite avec la même périodicité (survol global de la planète quotidien, retour au dessus du même point tous les 10 jours) mais avec une précision de mesure améliorée (1cm).

En 1997-1998, Topex-Poséidon avait observé pour la première fois le phénomène El Niño/La Niña, et avait permis de constater la propagation d'une bosse d'eau chaude, surélevée de 20 à 30 cm par rapport au reste de l'océan et de confirmer la nécessité de la continuité de l'observation, tant les phénomènes marin cycliques¹³ sont nombreux, mal connus et modifiant de façon importante la donne climatique.

Topex-Poséidon et Jason ont également contribué au développement de modèles d'étude du fonctionnement des océans permettant de déduire par calcul la salinité, la densité de l'eau et sa

¹² Preparation for the Use of the Meteosat Second Generation satellites in Africa.

¹³Par exemple, oscillation nord-atlantique et oscillation pacifique décennale.

température. Cette modélisation présente un intérêt tout particulier pour la connaissance des phénomènes de création des courants marins, renseignement très utile pour la navigation des sous-marins militaires. La carte du fond des océans (que l'observation par satellite permet d'établir car les variations du relief se traduisent par des hauteurs d'eau différentes en surface) est à certains endroits du globe particulièrement stratégique pour la circulation des sous-marins. L'altimétrie permet aussi de localiser les poches d'eau chaude qui perturbent la diffusion des ondes émises par les sonars pour détecter les signaux des sous-marins.

L'application civile, elle, utilise l'application Mercator et procure un certain nombre de données comme les courants, la salinité ou la température qui sont fournis avec un degré d'anticipation de l'ordre de deux semaines. Enfin, d'autres secteurs sont susceptibles d'applications tels les ressources halieutiques¹⁴ ou la prévision des courants marins en profondeur au profit des plateformes pétrolières.

2.4 Le domaine de l'analyse environnementale

Pierre initiale au projet GMES marquant la volonté européenne dans ce domaine, le satellite ENVISAT de l'ESA, mis en orbite en mars 2002 (durée de vie estimée de 6 ans), est sans aucun doute le satellite environnemental le plus sophistiqué jamais lancé. Gros satellite de presque 8 tonnes, doté de plus de sept instruments d'observation, il effectue quotidiennement 14 fois le tour de la terre et passe au dessus du même point tous les 35 jours.

Ce satellite de l'agence spatiale européenne (15 pays y participent) fait suite aux deux satellites ERS-1 (1991) et ERS-2 (1999), ce dernier fonctionnant toujours. Dotés d'un radar à ouverture synthétique, d'un radiomètre et d'un altimètre radar, ces deux satellites ont permis un important recueil de données environnementales¹⁵. Grâce aux techniques d'interférométrie¹⁶ utilisées avec les prises de vues de ces deux satellites (paires d'images des mêmes points du globe prises par chaque satellite à des moments différents), les scientifiques ont pu mettre en évidence les mouvements tectoniques des plaques continentales.

Quant à Envisat, la multiplicité de son instrumentation embarquée – radar imageur, radar altimétrique, radiomètre, spectromètre, analyseurs atmosphériques – autorise une multitude d'applications d'observation qui vont de l'observation des océans, de la surface de la terre en passant par la détection des feux de forêts, des nappes de pétroles et l'analyse de la répartition

¹⁴ Par exemple, les bancs de thons ont tendance à se regrouper aux bords des « tourbillons marins »

¹⁵ On se référera utilement à l'ouvrage de José Achache « les sentinelles de la terre » chap 6 page 107.

¹⁶ Cf. annexe 1

des gaz à effet de serre, la surveillance de la couche d'ozone, la détermination des flux de plancton dans les mers du globe.

2.5 Les autres réalisations : le projet planète vivante

Enfin ce panorama de l'existant ne serait pas complet sans parler de la démarche actuelle d'observation environnementale par des micro satellites et du remplacement des satellites ENVISAT/ERS dans le cadre d'un programme de l'ESA nommé *planète vivante*. Le potentiel technologique des micro satellites est largement exploré par l'Europe en raison en d'un évident critère de rationalisation financière sur des budgets déjà faibles et parce qu'il offre des voies prometteuses dans l'usage de constellation satellitaires.

Leur nombre important marque bien le réel engagement de l'Europe en matière de connaissances environnementales. Pour mémoire nous citerons :

- DEMETER, pour une meilleure détection des séismes et des éruptions volcaniques. Lancé en juin 2004, l'objectif est de mesurer un ensemble de paramètres géophysiques de la haute atmosphère susceptibles d'être affectés par l'activité tellurique ou volcanique de la Terre¹⁷,
- PARASOL¹⁸ pour améliorer la caractérisation des propriétés radiatives et microphysiques des nuages et des aérosols. Lancé en décembre 2004, ce satellite est destiné à mieux comprendre l'influence des aérosols et des nuages dans la régulation du climat,
- PICASSO-CENA qui doit permettre de reconstituer la structure de l'atmosphère en trois dimensions à base de mesure effectué par une instrumentation LIDAR¹⁹,
- PROBA (Project for On-Board Autonomy) satellite expérimental d'observation d'une précision de 5 mètres en optique et de 18 mètres en hyperspectral. Ce démonstrateur, lancé en 2001, a été réalisé pour démontrer la faisabilité d'un satellite auquel on fournit juste la longitude, la latitude et l'altitude d'un point du globe à photographier, le satellite faisant le reste (navigation, positionnement, prise de vue, transmission) ce qui réduit considérablement les structures sols dédiées,
- CRYOSAT destiné à étudier l'épaisseur des glaces polaires. L'échec de son lanceur Rocket en octobre 2005 a provoqué son écrasement au Groenland mais le conseil de l'Esa réuni au niveau ministériel a décidé le 8 décembre de financer son remplaçant.

¹⁷ Il s'agit de comprendre le lien apparaissant entre séisme et des phénomènes constatés tels l'apparition de lumières ou d'étincelles dans le ciel ou en montagne et des modifications magnétiques.

¹⁸ Polarisation et Anisotropie des Réflectances au sommet de l'Atmosphère

¹⁹ Lidar : acronyme de Light Detection And Ranging . Fonctionne de la même façon qu'un radar en utilisant un faisceau laser pour sonder l'atmosphère. En balayant l'atmosphère, le faisceau est dispersé par les particules en suspension. La lumière réfléchi,recueillie par un télescope est alors traitée par un ordinateur qui détermine les composants atmosphériques, leur densité et leur altitude.

Comme on le voit donc ici, peu à peu, s'est constitué un ensemble de capacités environnementales à des fins exploratoires et scientifiques, fruit des nations (surtout la France), de constitution plus ou moins européenne mais sans grande cohésion commune apparente et sans envisager de solution de continuité spatiale. Les ambitions de l'Europe, au travers de GMES sont justement une réponse pour palier cette lacune. Encore pour cela faut-il s'entendre sur une vision commune de ce que sont aujourd'hui l'environnement, les risques environnementaux et s'accorder sur les réponses capacitaires à apporter à ces risques ainsi que les opportunités de services à saisir.

DEUXIEME PARTIE : L'ENVIRONNEMENT, UNE CHANCE POUR L'EUROPE, UNE OPPORTUNITE DE FORGER UNE VISION COMMUNE.

1 LA NOTION D'ENVIRONNEMENT : DU PRINCIPE ALTRUISTE A LA REALITE ECONOMIQUE

1.1 La genèse des débats

La notion de d'environnement ou, à plus proprement parler, l'émergence d'une volonté en matière de compréhension puis de préservation de celui-ci procède de schémas de pensées finalement assez récents dans nos sociétés technologiques (pour un peuple chasseur, cela paraît sans doute assez naturel de « respecter » le milieu nourricier) et s'imprègne des différentes vision de l'homme et de sa planète, que ces visions apparaissent anthropo-centrées, éco-centrées ou orientées sur la sauvegarde écologique. En outre, nos impératifs actuels de société ou leur messages simplificateurs font la plupart du temps confondre cause environnementale et écologie. Littéralement, l'environnement c'est ce qui entoure, ce qui environne, mais cette définition s'est vite étendue à la désignation du milieu géographique à la fin du XIX^{ème} siècle par notamment le géographe E. Reclus. En fait, l'environnement ne fait pas seulement que nous entourer. Nous faisons partie de ce milieu géographique avec lequel nous interagissons forcément. Il serait donc illusoire de penser que l'état environnemental parfait serait celui d'une nature idéalisée, sans y intégrer l'homme et sa société comme objet essentiel d'interaction. La vision idyllique de l'Homme et la Nature de Rousseau ne peut donc pas être prise comme référence tangible et comme but à atteindre.

En fait, la prise de conscience qu'il faudra gérer les changements qu'apporte l'homme dans la nature, avec une optique précise qui n'est pas forcément celle de sauvegarder un état naturel figé

dans le temps, est apparue très tôt et s'est renforcé au XIX^{ème} siècle avec l'avènement de la société industrielle. L'économiste écossais Malthus, au XVIII^{ème} siècle, dénonçait déjà la croissance de la population bien plus importante que celle des ressources.

En dépit des promesses du progrès, un changement s'est aussi opéré à mesure que notre société s'industrialisait et s'appuyait davantage sur la technologie. Au XX^{ème} siècle, la foi en un monde parfait où la science et la technologie seraient les lumières éclairant un âge d'or de l'humanité ont cédé la place à une vision où la nature n'est pas la seule cause des catastrophes et où la société est désormais perçue comme responsable des risques considérés comme une conséquence de la science et de la technique. Du gaspillage des ressources aux dégradations de la nature par les habitudes de société, le glissement est évident dans la plupart des discours. L'intégration humaine dans un milieu naturel implique forcément une notion de prédation de celui.

Face à ses dégradations, deux thèses alors s'opposent : celle qui consiste à préserver l'environnement pour le garder au plus proche d'un état « vierge » ou celle qui consiste à préserver l'environnement parce qu'il est le cadre de vie et le réservoir des ressources indispensable de l'homme afin d'éviter « un soleil vert »¹

Deux ans avant la conférence de Stockholm (1972), l'UICN, le WWF et le PNUE (programme des Nations Unies pour l'Environnement) ont publié le rapport sur « la stratégie de la conservation mondiale » qui adopte une vision globale de la dynamique de la biodiversité dans ses relations aux sociétés et pose que la conservation de la nature a pour finalité la satisfaction des besoins des hommes et doit donc tenir compte des contraintes économiques et sociales. Cette position est nouvelle par rapport à la pensée conservacionniste longtemps défendue par les grandes associations de protection de la nature, essentiellement tournées vers la mise hors de portée des populations des espaces naturels.

1.2 Vers l'émergence du concept de développement durable

Cette notion d'écodéveloppement a vite été dénoncée par les Etats Unis qui lui ont substitué celui de développement durable « sustainable development » selon la définition suivante : « Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs »²

En effet, cette définition s'inscrit parfaitement dans un cadre d'économie libérale et n'obère aucunement la possibilité de croissance tant que les principes d'une bonne gouvernance environnementale sont conservés. Ainsi, économie, société, nature sont « harmonieusement »

¹ Film de 1973 de Richard Fleischer adapté du roman de Harry Harisson ;

² 1987, Mme Gro Harlem Brundtland, Premier Ministre norvégien, présidente d'une commission éponyme réunie par les nations unies en 1983.

conciliées. En revanche, les pays pauvres du Sud pourraient eux y voir une captation des ressources au profit d'un développement profitant essentiellement aux pays du Nord.

La déclaration finale adoptée à Rio en 1992 précise que, dans chaque pays, sera mise en place une politique de développement durable qui s'inscrira dans un processus global et qui garantira que les tendances actuelles à la dégradation des ressources environnementales seront efficacement renversées tant au niveau local qu'au niveau international.

Enfin, il est indispensable de souligner que la volonté de protection raisonnée de l'environnement a trouvé un principe applicatif essentiel au travers du principe de précaution. Celui figure désormais dans les textes de la communauté européenne et dans le droit français depuis 1995. Il s'agit de « prévenir les dégradations sérieuses ou irréversibles à l'environnement par une modification des productions, de la vente ou de l'utilisation de produits, de services ou de types d'activités et cela selon une approche scientifique et technique ». Ce principe apparaît aussi au sommet de Rio pour la question du trou dans la couche d'ozone.

L'impact planétaire des problèmes environnementaux est une évidence mais pour autant les solutions à opérer ne sont pas globales et à caractère universel. L'application locale d'actions doit donc être recherchée en fonction du modèle de développement économique appliqué. La gouvernance mondiale en matière d'environnement n'est donc pas si simple à mettre en place.

En revanche, des instances et des forums de normalisation doivent exister et se mettent en place pour répondre à cette volonté applicative. Depuis le sommet de RIO en 1992, ce sont plus de 250 traités, conventions et accords internationaux sur l'environnement qui ont été signés et ratifiés. Le sommet de Rio marque un jalon important par l'agenda 21 en imposant un programme de 2500 actions à réaliser au plan international sur de nombreux points environnementaux (climat, biodiversité, etc.).

L'outil spatial trouve ici toute sa pertinence dans cette approche, dans la compréhension planétaire des systèmes qu'il apporte et par les mesures d'inflexion du changement (climatique par exemple) qu'il permet rendant ainsi capable de réagir à temps selon le même principe de précaution. L'Europe, bien entendu, est partie prenante dans l'établissement de telles études ne serait ce que par sa volonté de contrôle.

2 DES SCENARIOS PROSPECTIFS ET DE LEUR INFLUENCE SUR LE SPATIAL ET L'ENVIRONNEMENT

2.1 Une approche par les risques et les scénarios géopolitiques

Les risques

Si ce principe de précaution paraît aujourd'hui si présent dans notre société (ex: grippe aviaire), c'est que la visibilité des risques s'est agrandie.

L'augmentation des flux d'informations rend possible d'informer un citoyen de la catastrophe qui se déroule à l'autre bout du monde. Même si les conséquences humaines de celle-ci sont inférieures à la somme de drames mineurs qui ce jouent à deux pas de chez lui, cette connaissance induit une réaction émotive qui augmente la perception de risque.

De manière plus tangible, la poussée démographique et l'urbanisation galopante de la plupart des pays ont entraîné l'appropriation par l'homme de nouveaux territoires. Un séisme de grande magnitude dans un désert peut passer inaperçu mais pas une onde mineure dans une zone d'habitation. Qui plus est, les zones d'occupations humaines se font souvent dans des régions justement connues pour leurs risques (inondations, éboulement) faute de place ou de moyens financiers suffisants ce qui amplifie encore les conséquences de ces événements.

En revanche, certaines préoccupations, bien réelles celles-ci, se font jour. Le rapport de l'OCDE, « l'espace à l'horizon 2030 : quel avenir pour les applications spatiales ? »³, énonce un certain nombre de scénarios, conséquences de risques émergents et de facteurs d'évolutions mondiaux qui ont un impact sur les stratégies d'utilisation de l'outil spatial au profit de l'environnement.

Les risques décrits sont :

- Les risques politiques liés essentiellement à la stabilité ou à la déliquescence des états face à des organisations trans-étatiques pouvant posséder des armes de destructions massives,
- Les risques économiques : paupérisation dans les états les plus riches où l'écart se creuse entre les plus démunis et les plus riches, enlisement des états les plus pauvres avec des désorganisations importantes liées à la loi du marché.
- Risques démographiques: croissance mondiale forte avec peu d'amélioration de la qualité de vie dans certaines régions du globe, exode rural massif et vague d'immigration vers les pays riches,
- Risques environnementaux : réchauffement planétaire, diminution de la biodiversité et dégradation de certains milieux par la pression démographique, stress hydrique dans d'autres régions,
- Risques technologiques : complexité technologique des systèmes mal maîtrisée entraînant des possibilités de catastrophes industrielles.

Les scénarios

En plus de ces risques, des facteurs d'évolution ont une influence sur l'avenir du développement spatial :

³ L'ESPACE À L'HORIZON 2030 – ISBN 92-64-00833-0 – © OCDE 2005 Page 93

- Evénements géopolitiques entraînant des rapports différents entre états (Etats-Unis, Europe, Chine et pouvant conduire à une re-bipolarisation du monde ou au contraire un repli sur soi des grandes puissances,
- Les évolutions socioéconomiques des sociétés: vieillissement des populations occidentales, émigration, phénomènes de mondialisation ou au contraire de replis régionaux
- Energie et prise en compte du fait environnemental : raréfaction des énergies fossiles, mesures liées au changement climatique en cours, à la déforestation et à l'augmentation de l'effet de serre et des pollutions locales.

De cet ensemble d'hypothèses d'évolution du monde, les spécialistes du rapport en ont déduit trois scénarios probables:

- un scénario optimiste (« mer calme ») où les états mondiaux travaillent de concert pour la réduction des risques et pour prendre en compte ensemble les facteurs d'évolutions,
- Un scénario intermédiaire, (« retour vers le futur ») où réapparaissent un monde bipolaire (monde occidental s'opposant à la Chine) et les tensions qui en découlent, énergétique par exemple,
- Un scénario pessimiste, («avis de tempête») où le bénéfice à court terme des états est privilégié au détriment d'une attitude consensuelle générale dans tous les domaines.

Malgré leurs différences, ces scénarios présentent quelques aspects communs en ce qui concerne leurs retombées sur le secteur spatial mis au service de l'environnement. Ainsi, la demande de services d'observation de la Terre devrait progresser car elle est indispensable pour s'assurer d'une maîtrise au moins locale ou régionale de la perception du monde, ne serait-ce que d'un point de vue purement militaire ou sécuritaire (gestion de crise d'origine naturelle).

Le degré d'optimisation de ces services dépendra alors de la capacité « marchande » du monde (c'est-à-dire de l'ouverture de services environnementaux sujet à une exploitation commerciale) et du poids de la participation et de la coopération trans-étatiques dans les grands secteurs de capacités environnementales.

Même cantonnée dans un rôle secondaire dans ses scénarios, l'Europe doit pouvoir néanmoins assurer son autonomie dans le domaine spatial.

2.2 Le positionnement européen : le livre blanc et le programme GMES

Le livre blanc

Développer des capacités par le biais d'outils spatiaux est donc incontournable et les grands états européens avaient déjà bien intégré ce facteur, clé de réussite et de développement pour l'avenir. L'Europe tente donc aussi de promouvoir des schémas d'actions coordonnées pour le

futur au travers du livre blanc pour l'espace⁴. Document fédérateur en terme de politique européenne, il indique donc les axes d'efforts communs à mener et il identifie les capacités essentielles à détenir: répondre aux attentes de la société, développer les services. Seule ombre au tableau et elle est de taille, la difficulté à trouver un budget pour accomplir ces ambitions généreuses.

L'incertitude du monde reflétée par les différents scénarios présentés semblent faire de l'Europe un acteur de second rôle face à l'hyperpuissance américaine et la puissance en devenir que représente la Chine.

Pourtant, l'Europe a une carte à jouer face à ces deux grands. Le rapport de l'OCDE et le livre blanc procède du même état d'esprit et développe les mêmes champs d'investigation pour l'espace en matière d'environnement. Mais le constat européen se situe aussi sur la scène politique: pour obtenir les effets finaux recherchés, il faudra nécessairement passer par une plus grande volonté d'union des états européens pour créer un véritable *programme spatial européen*, apte à faire de l'Europe un ensemble respectueux et promoteur du développement durable.

Le livre blanc établit donc un ensemble d'objectifs politiques communs appuyés par des actions spatiales à mettre en œuvre : « L'Europe a besoin d'une politique spatiale élargie axée sur la demande, permettant d'exploiter les bénéfices particuliers associés aux technologies spatiales à l'appui des politiques et objectifs de l'Union: croissance économique accélérée, création d'emplois et compétitivité industrielle, élargissement et cohésion, développement durable, sécurité et défense »

L'éventail des objectifs politiques est donc très vaste et l'utilisation de l'espace pour traiter l'environnement peut implicitement participer à chacun des registres cités. Aujourd'hui, les préoccupations environnementales dépassent la simple préservation et rejoignent celles de l'industrie (pollution, effet de serre) aussi bien que la sécurité sanitaire (traitement des propagations de pandémies) en passant par l'exploitation des ressources disponibles.

Deuxième point d'importance, il est vain et inutile de promouvoir, réaliser des systèmes spatiaux qui ne servent à personne : les budgets sont faibles, et l'intéressement du privé pour des marchés potentiels présentant une réelle rentabilité⁵ est essentiel. Par ailleurs, l'espace manque de visibilité auprès du grand public. On retient plus les échecs de lancements que les réussites et

⁴ Livre blanc : Espace: une nouvelle frontière européenne pour une Union en expansion Plan d'action pour la mise en œuvre d'une politique spatiale européenne. 11 Novembre 2003. Commission des communautés européennes

⁵ On pourrait penser par exemple aux retombées économiques du système GALILEO, bien que la notion de rentabilité soit toujours relative pour le domaine spatial car il y a toujours un investissement public.

un satellite fonctionnant (ex: Météosat) s'efface devant les produits qu'il génère au point qu'on en oublie sa nécessité (de continuité par exemple).

Le secteur environnemental est une activité qui peut drainer des ressources financières importantes. Le développement d'applications sol spécifiques exploitant les données satellitaires peut contribuer à soutenir un marché en réduction et entretenir un potentiel de savoir faire et de recherche et développement. L'argument environnementaliste touche aussi le citoyen européen qui se dit soucieux de son mode de vie et de la préservation de l'environnement. L'apport financier nécessaire dans le domaine de l'espace sera alors plus facile à argumenter et justifier. Mais cela doit être appuyé et démonstratif : peu de gens savent que le satellite ENVISAT a coûté quelques 7 € à chaque citoyen européen et à quoi ils servent.

Dans le « livre blanc », la commission européenne se veut aussi pragmatique. Les idées politiques sont certes louables mais elles doivent trouver un écho dans des « actions spatiales à l'appui de l'union élargie ». Union élargie car jusqu'à présent, peu de pays sont promoteurs dans le système spatial européen. La France est sans aucun doute le plus gros contributeur dans le domaine : chaque citoyen français y consacre 30 € par an ! Penser l'Europe, c'est aussi pour l'espace, qu'il soit ou non appliqué à l'environnement, promouvoir une vision qui vaut pour le bien commun et non prêchant une politique du juste retour industriel qui morcèle les efforts et les rend peu concurrentiel par rapport au marché américain.

Les actions spatiales envisagées au service de l'environnement se concevront au travers du programme majeur pour l'espace européen qu'est GMES, système fédérateur basé sur la demande.

Initié au sommet de Göteborg en juin 2001, le programme GMES vise pour 2008 à mettre sur pied un dispositif (pas seulement spatial d'ailleurs) de surveillance de l'environnement et de sécurité à l'échelle du globe.

Ce programme se veut avant tout orienté vers les utilisateurs en essayant de rationaliser les systèmes spatiaux et les segments sol par une approche faisant converger les ambitions spatiales des centres spatiaux nationaux et de l'ESA et les besoins des citoyens européens: « La mise en œuvre de la GMES comprendra un dialogue structuré entre les utilisateurs ainsi que la mise en place d'un partenariat paneuropéen associant les propriétaires et les exploitants des systèmes d'observation existants ou prévus, avec des mécanismes appropriés de partage des données et des informations. En premier lieu, l'initiative GMES consiste à regrouper les utilisateurs actuels et futurs de données environnementales et sécuritaires, tels que les services chargés de l'environnement et les autorités de protection civile. Le cadre de l'initiative GMES devrait servir

à compiler les exigences des utilisateurs au niveau européen, afin de parvenir à une masse critique et de tirer meilleur parti des infrastructures et des systèmes existants »⁶

Les services GMES

Avec le programme GMES, l'union européenne a entrepris une démarche axée sur la demande et la fourniture de services utiles aux citoyens européens. Ainsi des secteurs initiaux d'activités sont déjà ciblés dans GSE (GMS Service Element) qui devra aussi permettre la mise en place de segment sol apte à diffuser ce type d'applications.

GSE vise initialement 10 types de capacités :

- Les services d'informations maritimes et côtières («Costwatch ») consistant à l'analyse des paramètres océaniques en méditerranée et aux abords des cotes ;
- Les services d'informations sur l'environnement liés à l'analyse des changements climatiques ;
- Les services d'informations («land cover land use») liés aux écoulements d'eau, à sa pollution et aux interactions entre l'usage des sols et les modifications de la couverture végétale⁷ ;
- Les services d'informations pour la surveillance des forêts («forest monitoring»), pour leur gestion durable, et l'étude des relations forêts-changement climatiques ;
- Les services d'informations sur les risques de feu et d'inondations («RISK EOS » EO based services for Natural Risks Management) pour la prévention, l'estimation, l'alerte, la gestion crise et post crise de ces menaces ;
- Les services de management des risques géotechniques («Terraforma ») pour la prévention des glissements et des effondrements de terrain;
- Les services sur les informations de sécurité alimentaire («GMFS» Global Monitoring for Food Security) pour l'estimation des surfaces cultivées et la prévision des récoltes en fonction des conditions météorologiques;
- Les services d'informations pour l'aide humanitaire pour l'estimation des dégâts, la localisation précise des régions sinistrées, des voies d'accès vers ces zones ;

⁶ Page 15 du Livre Blanc.

⁷ Par exemple, des études ont montré l'influence de la déforestation sur la pollution au mercure favorisant sa méthylation.

- Les services pour la surveillance de la pollution atmosphérique pour estimer à une échelle locale les aérosols de polluants atmosphériques au profit des agences environnementales nationales (alerte à la pollution) ;
- Les services d'informations pour la sécurité maritime. Par exemple la cartographie des glaces dérivantes et l'estimation de l'épaisseur des couches de glaces flottantes pour les pays du Nord de l'Europe.

Le programme GMES pour la partie spatiale (il y a aussi des systèmes type balise pour le recueil des données in situ) se compose de 5 types de satellites baptisés sentinelles qui déclinent les capacités actuelles ou à venir dans le domaine de l'observation de la terre pour l'Europe : les satellites radar type ERS et Envisat, les satellites multispectraux type Spot, permettant l'observation terrestre (y compris la végétation), les satellites d'observation océanique (type Jason), devant embarquer des capteurs multispectraux ainsi que des altimètres, les satellites géostationnaires permettant d'observer la composition atmosphérique et de détecter les pollutions transfrontalières et les satellites en orbite basse devant effectuer un suivi de la composition atmosphérique.

2.3 Les axes capacitaires

En outre, le large spectre de domaines par ses services initiaux démontre l'imbrication du facteur environnemental dans nos sociétés et permet de dégager trois axes majeurs d'axes capacitaires :

- La compréhension et la maîtrise des changements globaux ;
- La gestion des ressources ;
- La gestion de risques qui ramènent aussi vers les implications de sécurité.

La compréhension et la maîtrise des changements globaux

- Le réchauffement planétaire

Nous avons pris aujourd'hui conscience que les enjeux du climat peuvent être traités de manière globale. Aujourd'hui par exemple, la pollution ne saurait être résolue de manière uniquement locale. Les hommes ont profondément modifié le système écologique dans lequel ils vivent et des interrogations se font jour.

Parmi celles-ci s'inscrivent les phénomènes de changement climatique. Des variations importantes ont déjà été constatées. Les calottes glaciaires des pôles nord et sud ont diminué d'épaisseur, elles auraient perdues 10% de leur surface estivale et la saison des fontes semblent s'allonger.

En un siècle, la terre s'est réchauffée de 0,6 degré et selon les experts du Groupe Intergouvernemental sur l'Etude du Climat (GIEC⁸), les variations de températures pourraient s'échelonner de 1,4 à 5,8 degré dans une période très courte, d'ici 2100, fait sans précédent sur l'histoire du climat. Par ailleurs, Les mesures marégraphiques puis les observations satellitaires depuis 1993 (Topex-Poséidon) indiquent que depuis le début du XXème siècle, le niveau moyen global de la mer s'est élevé d'environ 2 mm par an, ce qui aussi constitue une évolution très rapide en comparaison de celles de siècles des millénaires passés⁹. En dix ans le niveau moyen des océans est monté de 2,4 cm. Si ce phénomène peut s'expliquer par la dilation thermique¹⁰ de l'océan qui confirme en outre un réchauffement planétaire, les conséquences sont déjà un fait d'actualité.

Ainsi, les 11000 habitants de l'île de Tuvalu, île située dans le pacifique entre Hawaï et l'Australie sont les premiers « éco réfugiés » de la planète, contraint à quitter leur archipel et de chercher asile au Canada¹¹. Leur île s'est en effet trouvée submergée en 2004 par des vagues de 3 mètres (le point culminant des îles plafonnant à 4 mètres). Avec la montée des eaux, l'érosion des sols s'est accentuée et le sel marin est remonté dans les terres arables.

A terme les massifs coralliens et des états comme les Maldives, les îles Marshall pourraient eux aussi disparaître sous les flots. Quand au Bangladesh, une élévation des eaux de 1,5 m entrainerait une réduction de territoire de 16 % et le déplacement de plus de 17 millions de personnes. Sur notre planète, 60 % environ de la population mondiale vit à moins de 100 km de la mer et pourrait être sérieusement affecté par une montée du niveau de la mer.

L'Europe elle aussi serait concernée, à l'image des Pays Bas (1 mètre d'élévation se traduit par la perte de 6% du territoire) ou comme la région de la Camargue en France et plus généralement toutes zones situées dans des bassins deltaïques.

En outre, la fonte des glaces et le changement climatique pourraient provoquer des modifications de courant marin sur l'Europe provoquant paradoxalement la chute des températures. Pour l'exemple, Paris est à la même latitude que Montréal et serait à la même température sans l'apport thermique du Gulf Stream.

⁸ Le GIEC est constitué de 2500 experts scientifiques et a été créé en 1988 par l'OMM et le PNUE.

⁹ Pour connaître les évolutions climatiques passées, différentes technologies sont possibles : analyse des pollens qui permet d'évaluer les températures avec une précision de 3 degré, analyse de carottes glaciaires permettant de remonter jusqu'à 420 000 ans.

¹⁰ En effet, la fonte des glaces est pour l'instant non significative. En effet, seule la fonte des glaces de l'antarctique et du Groenland aurait un impact car ces glaces sont situées sur de la terre. En cas de fonte globale, le niveau de la mer pourraient monter de 70 mètres. Le reste des glaces, elles, flottent et selon le principe d'Archimède, en fondant, l'eau de fonte occupe exactement le volume d'eau de mer que la glace occupait, sans modifier le niveau marin.

¹¹ Le Canada a en effet accepté de les accueillir, l'Australie ayant refusé.

L'outil spatial est donc nécessaire, par sa vision globale pour appréhender le phénomène de fonte des glaces, de montée globale des eaux, et tenter d'en modéliser la dynamique. Avec Jason 1 et 2 puis les successeurs de Envisat¹² et Cryosat, l'Europe possède et possèdera les outils nécessaires pour poursuivre le collationnement et l'examen des données sur ces domaines.

- La couche d'ozone

Autre domaine crucial et en relation avec la montée des eaux, l'observation du trou dans la couche d'ozone stratosphérique¹³ et l'observation des gaz à effet de serre (GES) révèlent des phénomènes atmosphériques tenus pour responsable de l'augmentation des températures.

En Europe, le phénomène de déplétion de l'ozone est suivi par l'institut royal de météorologie des Pays Bas¹⁴ depuis 1998 et il présente de grande variation d'année en année. Ainsi, en 2002, il avait quasiment disparu pour réapparaître l'année suivante alors que depuis 1985, il n'avait cessé de grandir pour atteindre la surface de l'Amérique du nord.

L'ozone en haute atmosphère joue un rôle déterminant dans la protection contre le rayonnement solaire ultraviolet de très courtes longueurs d'ondes (au-dessous de 242 nm). Ce rayonnement est particulièrement nocif pour la vie donc, sans l'ozone stratosphérique, il n'y aurait pas de vie sur terre.

La déplétion de l'ozone et l'augmentation de l'effet de serre sont liées car tous deux sont les conséquences de l'émission d'un certain nombre de gaz à effet de serre d'origine naturelle et anthropique (du à l'activité humaine).

Le protocole de Montréal de 1987 a permis la réduction de l'emploi d'un certain type de GES, les halocarbures¹⁵ (CFC et les gaz chlorés) responsable de la destruction de l'ozone stratosphérique mais d'autres gaz à effet de serre ont été utilisés (HFC) en remplacement.

En 1992, lors de la conférence de Rio¹⁶ (Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques CCNUCC), il était déjà prévu de ramener les émissions de GES à hauteur de celle de 1990. Vœux pieux, il a fallu attendre l'année 1997 avec le protocole de Kyoto, pour que 159 pays s'engagent à réduire leur émission de gaz à effets de serre: dioxyde

¹² Envisat est prévu de fonctionner jusqu'en 2008. Son remplacement se fera sans doute par des micro satellites.

¹³ A ne pas confondre avec l'ozone troposphérique, qui participe à l'effet de serre et qui résulte d'interactions atmosphérique avec le méthane et autres polluants. Ce gaz est donc présent au dessus des zones à fortes pollutions : Amérique, Europe, Inde.

¹⁴ Qui paradoxalement ou pas, a exploité récemment les données du satellite américain Aura...

¹⁵ Présents dans les propulseurs de aérosols, les réfrigérants, les mousses de polymère, les solvants.

¹⁶ But de la conférence : stabilisation des « concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique » et atteindre « ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable »

de carbone (CO₂), méthane (CH₄), N₂O, HFCs, PFC et SF₆, pour les réduire globalement d'environ 5% entre 2008 et 2012.

Pour l'Europe, l'objectif est de réduire d'environ 8 % ses émissions en équivalent CO₂¹⁷ en 2012 et de réduire de 25% les émissions de CO₂. D'ailleurs, la Commission Européenne a décidé en décembre 2005 d'y consacrer un montant supplémentaire de 853 000 euros pour soutenir les mécanismes de flexibilité et le transfert de technologie dans le cadre du protocole de Kyoto. Dans cette optique, l'usage des technologies spatiales au profit de ces deux types de problématique (ozone et gaz à effet de serre) est indispensable.

D'un point de vue purement scientifique, les connaissances théoriques et la modélisation des phénomènes thermodynamiques liés à l'effet de serre sont incomplètes et nécessitent d'enregistrer des données supplémentaires :

- Sur les cycles naturels des climats et les variations liés à des phénomènes solaires ;
- Sur l'influence des émissions anthropiques des GES : combustibles fossiles, émissions industrielles, émissions liées à l'élevage, à l'agriculture, transport routier, etc. ;
- Sur l'influence des écosystèmes (forêts, océans, marécages, mangroves, animaux, biomasses) sur l'augmentation ou la réduction de l'effet de serre. C'est l'effet dit sources ou puits de carbone.

L'évaluation des cycles naturels du climat, de leur évolution dans le passé rapportée à des échelles de temps différentes et aussi leur régionalisation¹⁸, les interactions de l'atmosphère avec des océans participent à la compréhension des phénomènes de changements.

L'ensemble de ces éléments se combinent en processus non linéaires activateurs et modérateurs aux relations encore mal élucidées et qui nécessitent des modélisations complexes. Par exemple si la couverture forestière est un puits de carbone contribuant ainsi à la réduction du CO₂, des études récentes semblent montrer qu'ils produisent en quantité importante du méthane aux conséquences amplificatrices de l'effet de serre¹⁹.

De la même façon, l'étude des aérosols, ces gaz en suspension dans l'atmosphère d'origine naturelle (embruns, gaz volcaniques) ou non (soufre industriel), doit être complété pour évaluer leur effet modérateur.

Enfin, il fait aussi pouvoir quantifier l'incidence de l'application des protocoles sur les changements climatiques par exemple: mesure du niveau des océans, relevés de températures, fontes glaciaires. Un apport supplémentaire de données sur des échelles de temps longues doit être réalisé de manière à modéliser et comprendre les conséquences des remédiations réalisées.

¹⁷ C'est-à-dire que les réductions des GES sont calculées en rapport avec l'effet équivalent du CO₂. Par exemple, l'effet du méthane est estimé à 23 fois celui du dioxyde de carbone.

¹⁸ A l'image du petit âge glaciaire qu'a connu l'Europe entre 1450 et 1850.

¹⁹ Revue Nature du 12 janvier, travaux de Franck Keppler de l'institut Max Planck d'Heidelberg.

Tous ces points d'étude militent donc pour l'usage de la solution spatiale, et l'ampleur des analyses suggère un cadre international d'intérêt dans lequel l'Europe peut jouer un rôle moteur. D'un point de vue juridique, le satellite est aussi un moyen supplémentaire pour appliquer le système « d'observance ou gouvernance » que promeuvent les européens, c'est-à-dire la capacité à aider, à faire appliquer les engagements pris par les pays et inversement à sanctionner leur non respect (mission « évoquée²⁰ » à la conférence des parties 8 de Marrakech en 2001). En outre, les états signataires doivent être capables de comptabiliser leur émission GES anthropiques (Marrakech en 2001) et d'inventorier les sources et les puits de carbone de manière fiable à leur échelle. Par exemple, estimer les capacités d'absorption du carbone des forêts par photosynthèse de façon à pouvoir confirmer le respect des termes de la réduction imposée. Cela peut être réalisé par des observations satellitaires, en observant la surface forestière, le type d'arbres, leur croissance et en la mettant en relation avec la capacité d'absorption en carbone. Les mêmes déductions pourraient être menées pour la biomasse et les cultures agricoles²¹.

Pour cela, si l'Europe veut être écoutée et crédible face au groupe de l'ombrelle²², elle doit disposer de système apte à mener ses missions: l'outil spatial en serait le meilleur garant.

Par ailleurs, des enjeux industriels se dessinent derrière le respect du protocole car tout investissement dans le domaine (notamment pour les investissements dans les mécanismes de développement propre) ou pour réaliser le contrat (impact sur les processus industriels) présente un enjeu de concurrence.

Le spectre des données à collecter est vaste. L'ensemble des satellites déjà cités de Jason à Envisat, en passant par MSG-2 et Végétation sont les outils nécessaires à la moisson de données actuelle. Cet effort de collecte a besoin d'être entretenu sur de longue période. C'est pourquoi l'Europe au travers du programme « planète vivante »²³ prévoit un certain nombre de satellites d'observations utilisant un éventail important de technologies de mesures (optique, radar, multispectral). Nous citerons pour mémoire quelques satellites à venir :

- MEGHA-TROPICQUES mission d'étude de la climatologie tropicale en collaboration avec l'Inde;

²⁰ Les décisions concernant le manuel des règles, marché des quotas de carbone, mécanisme de développement propre mise en œuvre conjointe, régime de conformité ont été validées à la conférence des parties 11 de Montréal en décembre 2005.

²¹ Un doublement en CO2 entrainerait par exemple une augmentation de productivité agricole de 30 à 40 % !

²² Groupe regroupant les USA, le Canada, Japon, Russie, Australie, Nouvelle Zélande, Norvège, Islande et Ukraine qui soutiennent que les tonnes de CO2 équivalentes évitées ont même valeur quelque soit le lieu où ce gain est réalisé, en d'autre terme qui soutiennent des crédits d'émissions et des mécanismes moins contraignant sur le sol national.

²³ Avant la réalisation de GMES

- CALIPSO (en collaboration avec les USA) et PARASOL, pour une meilleure compréhension de l'impact des nuages et des aérosols sur le climat. d'étude climatique grâce à un lidar embarqué;
- AEOLUS mission de mesure de vents par laser dans le cadre du projet OEOP (Earth Observation Enveloppe Programme) initié en 1998 par L'ESA ;
- SMOS (en collaboration avec l'Agence Spatiale Européenne et l'Espagne), pour la détermination de l'humidité des sols et la salinité des océans ;
- PICARD dont l'objectif est d'étudier le fonctionnement du soleil et de mesurer l'influence de l'activité solaire sur notre climat.

Par ailleurs, la connaissance du changement global est planétaire. C'est pourquoi à été lancé en juillet 2003 le Groupe d'Observation de la Terre, GEO, sous l'initiative des Etats-Unis, dont l'objectif est de créer un système de système spatiaux nommé GEOSS composé des systèmes existant et ceux à venir, comme GMES. GEOSS permettrait la mise en commun de nombre données et l'optimisation des synergies d'utilisations des données aussi bien pour les pays riches que les pays pauvres.

L'Europe a effectivement intérêt de voir augmenter l'intérêt mondial pour l'environnement. Mais elle doit rester prudente dans la démarche GEOSS initié par un état réticent au protocole de Kyoto. Elle devra défendre ses orientations technologiques (recherche et développement, capacités industrielles) et sa vision pour ne pas se laisser dominer par une programmation d'observation trop orientée au seul bénéfice ou cautionnement des objectifs d'outre atlantique.

La gestion des ressources

La captation et la gestion ressources sont aujourd'hui un facteur clé de la maîtrise économique et le deviendra encore plus dans le futur avec le désir des pays en développement d'accéder au même taux de consommation que les pays occidentaux.

Il est indéniable que l'outil spatial peut apporter un gain dans la gestion des ressources à la fois au niveau local et global. Par approche indirecte, les satellites météorologiques contribuent aussi à une gestion de ressources. Par exemple, une précision des températures encore accrue et une prédiction du temps sur des durées plus longues pourraient conduire à des économies en matière de gestion de l'énergie (chauffage, climatisation et les consommations afférentes de carburant fossiles dans les centrales électriques) ou de l'eau (arrosage agricole). Par ailleurs, on pourrait dire que météorologie et recherche sont intimement liées, ne serait ce que par les moyens de calcul nécessaires au sol (ordinateurs surpuissants) qui sont mis à contribution dans de multiples domaines.

Mais d'autres domaines sont aussi concernés. Certains sont déjà dans une phase propice à une exploitation commerciale (prospection minière et pétrolière), d'autres restent encore du domaine prospectif.

- Vers l'agriculture de précision

L'acquisition de données par moyen spatial en exploitant toute la gamme de l'imagerie du rayonnement visible, infrarouge, radar, multispectral et leur intégration dans des modèles d'analyse des couvertures végétales peut apporter aux agriculteurs (exploitants, coopératives, gestionnaires) une aide précieuse pour gérer finement les ressources agricoles et les effets environnementaux.

Ainsi, la société EADS a mis sur pied un service nommé FARMSTAR pour l'optimisation des cultures, notamment de maïs. Les agriculteurs clients peuvent recevoir des cartographies « enrichies » de leur parcelle, leur permettant de connaître l'état sanitaire des plantations (attaque de ravageur) et le manque d'eau. L'agriculteur peut aussi par alors optimiser la quantité de pesticides, d'engrais ou d'eau à utiliser. Ainsi, il est possible de réaliser une économie de 10 kg d'azote par hectare, gain économique et allant dans le sens de la préservation de l'environnement de l'espace européen.

En outre, couplé à un GPS, ce dispositif permet le pilotage automatique des dernières générations d'engins agricoles (tracteurs, moissonneuses, faucheuses) permettant une économie de gazole, des semis non abusifs et des traitements par herbicides répandus à l'endroit exact ce qui va la aussi dans le sens du développement durable.

De plus, l'outil satellitaire peut agir comme un moyen de contrôle particulièrement efficace mis au service de la politique agricole commune en autorisant une vision immédiate et globale des cultures, de leur type et de leur surface.

- L'aménagement du territoire

Les données satellitaires sont bien entendues utilisées pour créer des banques de données cartographiques pour mesurer par exemple l'expansion des villes et l'occupation des sols. A titre d'exemple, la société Mac Donald l'utilise pour sélectionner le lieu d'implantation les plus favorables de ses enseignes. Nos grandes villes occupent aujourd'hui plusieurs niveaux des immeubles aux sous sol et beaucoup sont érigées sur des carrières ayant servis pour réaliser leur construction. De nombreux sites sont aussi soumis à des risques d'affaissement (ancien bassin minier par exemple). L'utilisation de données satellitaires (utilisant des données interférométriques) permet de connaître et de prédire les évolutions possibles de ces zones lors de grands travaux d'aménagement urbain. L'usage de l'imagerie satellitaire a même permis récemment en Italie de prouver que l'effondrement d'un bâtiment était du à des travaux urbains et non à des mouvements tectoniques naturels.

En matière d'aménagement du territoire et d'urbanisme, les sociétés occidentales et les grandes métropoles européennes doivent faire face à des pics de pollution (ozone) en particulier liés au trafic routier. Les exigences de mobilité des urbains et les règles économiques impliquant les flux tendus ont multiplié les trajets. L'observation par satellite permet de renseigner ces phénomènes et de prendre des mesures locales (diminution de la vitesse, interdiction de circulation) et elle pourrait aussi permettre de réduire considérablement les pollutions grâce au service de géolocalisation (type GPS ou service GALILEO). En effet, le positionnement autorise une optimisation des parcours routiers (service de plus court-rapide chemin d'un point à un autre) pour le particulier mais surtout pour les entreprises de transport d'où gain de temps, diminution des encombrements, diminution de la flotte de moyens de transports nécessaires.

- La gestion des écosystèmes forestiers

Le suivi et la gestion des forêts sont nécessaires à différentes échelles d'approche. En tant que ressources locales, il s'agit d'en mesurer les capacités d'exploitation, d'entretien, de régénération (reboisement) et de prévenir les catastrophes (incendies). De manière plus vaste, il s'agit de concilier les nécessités d'exploitation avec l'aménagement du territoire et la préservation du biotope et de la biocénose source de biodiversité. Enfin, comme nous l'avons déjà mentionné, il s'agit aussi d'en évaluer leur rôle dans le cycle climatique, comme puits de carbone.

Un outil comme végétation apporterait ici toute sa pertinence pour le suivi et le contrôle des directives européennes sur la biodiversité et la gestion forestière.

- La gestion des ressources en eau :

La gestion des ressources en eau s'impose aussi pour les européens. Ainsi, la France connaît depuis trois ans une sécheresse importante et les nappes phréatiques atteignent des niveaux particulièrement bas²⁴. La surconsommation en eau des européens est un sujet d'ordre socio-économique qui peut se traiter à la fois par un changement des habitudes de chacun (restriction) et aussi par un approche technique dans les emplois industriels et agricoles. Des techniques satellitaires permettent de déceler le niveau des nappes phréatiques (analyse de la gravité locale), leur vitesse de rechargement et donc leur capacité d'utilisation et aussi de suivre avec précision les phénomènes de diffusion de polluants divers. On a par ailleurs déjà cité les possibilités d'arrosage optimisé dans le cadre de l'agriculture de précision.

En outre, l'eau est un facteur de tension géopolitique à l'échelle mondiale. Ainsi, l'Europe ne saurait rester indifférente pour des raisons à la fois d'enjeux humains, environnementales et géopolitiques au cas des ressources d'eau dans le bassin méditerranéen, ressources dont la gestion est une priorité face à des multiples défis: développement des pays du Maghreb, enjeux

²⁴ Ainsi, en l'état actuel, Département des Deux-Sèvres, même s'il pleuvait tous les jours jusqu'en juin 2006, le niveau serait tout de même inférieur de moitié à celui d'il y a deux ans.

des marchés agricoles, avancée des déserts, enjeux frontaliers sources de conflits potentiels. Ainsi, pour l'aquifère du Sahara septentrional (30000 Milliards de M³ d'eau fossile), les prélèvements effectués par l'Algérie, la Tunisie, la Libye semblent en regard faibles (8 milliards M³/an²⁵) mais les conséquences de la baisse des niveaux seront des ressources bientôt inaccessibles car essentiellement situées en profondeur.

Enfin, la problématique de l'eau rejoint la connaissance des cycles climatiques, et des divers facteurs influants comme par exemple l'étude des glaces, les écoulements de surfaces et d'érosion et les dépôts de sédiments.

- La préservation de l'écosystème côtier et la gestion des ressources de pêche.

Outre la nécessaire préservation du littoral et de l'écosystème côtier face à une pression démographique toujours plus forte, l'exploitation des ressources halieutiques est un enjeu pour l'avenir et l'Europe²⁶. La surexploitation de certaines espèces est un fait réel, et il faut désormais gérer de manière raisonnée et durable les capacités de régénération des populations des espèces pêchées.

L'utilisation de techniques spatiales est une approche prometteuse à développer, l'étude de la topographie sous marine conjuguée à la lecture de données telles la température de surface de l'eau, les courants, la couleur de l'eau (qui permet de déduire la distribution du contenu en chlorophylle et donc de plancton) devraient conduire à établir des modèles prédictifs de localisation et d'estimation de certaines espèces comme par exemple les thons bonites. L'usage de balise localisée par satellite sur certaines espèces devrait aussi permettre d'établir un suivi de leur taille pour une exploitation non abusive.

De même, la surveillance des navires par satellite permet aux autorités de suivre l'activité des bateaux étrangers dans leur zone économique exclusive, ainsi que leur propre flotte dans n'importe quelle partie du globe. Les transports maritimes nécessitent aussi une surveillance adéquate aux fins d'une sécurité optimisée (route maritime) et d'une protection accrue de l'environnement (dégazage pétrolier par exemple).

La gestion des risques

- La gestion des aléas humains et naturels

Plus que jamais, le citoyen européen est sensible aux aléas environnementaux – le mouvement de mobilisation et d'aide pour les victimes du tsunami en Indonésie en 2004 - en est une preuve.

²⁵ Seul 1 milliard de M³ par an se reconstitue.

²⁶ La France occupe par exemple le deuxième rang mondial en terme de surface maritime (11 millions de km²)

Selon les résultats d'un sondage Eurobaromètre ²⁷, les Européens considèrent qu'un environnement sain est aussi important pour leur qualité de vie que la situation économique ou les facteurs sociaux. Les Européens se disent davantage préoccupés par les problèmes environnementaux qui touchent directement leur vie. Cinq priorités ont ainsi été relevées: la pollution de l'eau (47%), les catastrophes d'origine humaine telles que les marées noires et les accidents industriels (46%), le changement climatique et la pollution de l'air (45% chacun) et les produits chimiques (35%). Une diffusion de l'information quasi instantanée et planétaire peut laisser penser à une apparente recrudescence des aléas naturels. L'accentuation des amplitudes climatiques que laisse présumer les changements climatiques pourraient multiplier le nombre de catastrophe : séismes, ouragan, inondations.

- Les inondations

En France, avec la pression démographique, les risques ont augmentés car les zones d'habitations ont malheureusement aussi progressé vers les zones à risques. Un rapport de la cour des comptes de 1999 estime que le risque d'inondations concernerait deux millions de personnes et près d'une commune sur trois. Le coût des inondations en France était estimé à 600 millions d'euros en 1999.

On dispose en France d'un système de coordination grâce à des radars pluviométriques (18) fédérés dans un réseau unique nommé ARAMIS mais ce n'est pas suffisant pour répondre au besoin global de prévision à une échelle mesurable, identifiable. Le recours à l'espace est essentiel dans ce domaine et c'est l'objet du programme PACTE (Prévention et Anticipation des Crues au moyen des Techniques Spatiales).

Pour l'Europe, un projet nommé FLOODGEN est destiné à calibrer par le recours à la cartographie spatiale, les risques des zones agricoles les plus sujettes aux ruissellements ou aux inondations importantes.

- Les risques sismiques

Les tremblements de terre et leur non prévisibilité font chaque année de nombreuses victimes dans les régions à risques où l'on sait pertinemment qu'une nouvelle catastrophe surviendra sans pouvoir la prédire. Le tremblement de Kobé en 1995 (5000 morts) Izmit en 1999 (Turquie, 17 000 morts), Bam en 2003 (Iran, 30 000 morts) et plus récemment le Pakistan et le tsunami indonésien en sont autant d'exemples.

Or, il s'avère que des études russes avaient évoqué la possibilité des prédire ce genre d'événement par l'analyse de signaux précurseurs de type électromagnétiques qui avaient déjà été relevés en zone montagneuse. Le cas serait d'ailleurs aussi transposable aux irrptions

²⁷ Sondage réalisé entre le 27 octobre et le 29 novembre 2004 sur un échantillon d'environ 1000 personnes dans chaque État membre.

volcaniques²⁸. En 2004, le satellite européen Déméter a été lancé pour confirmer cette hypothèse de perturbation en haute atmosphère et les données recueillies sont en cours de traitement.

▪ Catastrophes industrielles et risques sanitaires

Le risque environnemental est aussi celui de catastrophes industrielles et des risques sanitaires majeurs. Le satellite par sa vision globale devient alors un outil à la fois de prévention et d'alerte.

Prévision, car l'imagerie satellite permet la surveillance ou un contrôle dissuasif comme dans le cas des dégazages pétroliers, mais permet aussi de générer des modèles situationnels permettant de mettre en place des dispositifs préventifs: entretien des forêts pour prévenir les risques d'incendie, analyse des environs d'usines et conséquences en cas de pollution majeures (à l'image des conséquences du naufrage de l'Erika), études d'aménagement de sites à risques.

Dans le domaine de la prévention des risques sanitaires tels que le paludisme, la malaria, les fièvres dites hémorragiques (fièvre du Nil, dengue de Guyane, Ébola) ou encore le choléra et la méningite.

Certes, la plupart de ces maladies ne touchent pas l'Europe mais aujourd'hui le risque sanitaire est mondial compte tenu de la mobilité des personnes et de l'inconnu qui pèse sur la propagation des vecteurs de transmission. L'actualité récente (chikunguya, grippe aviaire, SRAS) est la pour nous le rappeler.

Les études montrent que la plupart de ces maladies sont corrélables avec des phénomènes naturels observables par moyen satellitaire, ce qui pourrait autoriser de disposer de signaux d'alerte et de prévenir plutôt que de soigner.

Ainsi, l'observation météorologique dans l'Afrique subsaharienne permet de prévoir avec une bonne fiabilité et avec jusqu'à 5 mois d'avance des pics saisonniers de température et de précipitations et donc l'arrivée des phases critiques de paludisme. Il devient alors possible d'anticiper la commande de médicaments et d'insecticides²⁹.

De la même façon, il existe une corrélation statistique entre le vibrion cholérique et l'importance en plancton côtier, lui-même sensible aux évolutions de la température des eaux. Pour la méningite, il aurait la aussi des indices de corrélation entre la propagation de cette maladie et celle de certains aérosols contenant poussières et bactéries.

L'Europe est un des premiers bailleurs de fond de l'aide internationale et notamment vers l'Afrique au travers de ECHO. De tels systèmes d'alertes mis à disposition des pays pauvres pourraient donc en constituer une composante plus que symbolique, réduire les coûts et augmenter la pertinence des aides européennes.

²⁸ D'autres méthodes sont aussi utilisées pour ce cas mais le satellite l'est aussi, comme par exemple cela est fait pour la surveillance de l'ETNA.

²⁹ Revue Nature du 2 février 2006.

En outre matière de catastrophes, naturelles, imputables à l'homme, ou liées à des épidémies, le satellite peut apporter une aide essentielle à la diffusion de l'alerte aux populations sinistrées, à rendre les secours plus efficaces dans leur progression sur les lieux de catastrophes et à fournir des outils de communications et d'aide à l'information au profit des victimes. On peut citer le projet industriel visant à fournir une solution clé en main (conteneur humanitaire Emergesat) regroupant tout les outils de transmissions et de traitement de données satellitaires aptes à optimiser l'exécution des missions précitées.

L'Union Européenne travaille aussi dans ce domaine puisqu'en 1999 a été signée la charte *Espace et Catastrophes* à l'initiative de l'ESA et du CNES qui a pour but de mettre à disposition immédiate des moyens satellitaires³⁰ et de traitements de données en cas de catastrophes majeures aux profits des états sinistrés. Depuis 4 ans, ce système a été activé 55 fois preuve de son efficacité.

- La notion entendue de sécurité : L'aide au développement

Il existe une relation forte entre environnement et pauvreté. Les populations les plus défavorisées vivent généralement dans des milieux où les conditions environnementales sont fortement dégradées par absence de réseaux urbains développés (égouts, routes, réseaux d'eau et de transports des eaux usés, collectes des déchets) dont elles augmentent encore la dégradation (déforestation, désertification par exemple). Par ailleurs, ces populations sont aussi les premières touchées en cas de catastrophes naturelles (prés des cotes par exemple) et sont sujettes du fait de leur condition de vie à des vagues épidémiques importantes (malaria, paludisme).

La mise à disposition des données satellitaires permettraient des progrès significatifs dans l'aide à ses pays.

- Un outil pour la gestion de crise

Enfin, il n'échappe à personne que les moyens satellitaires d'observation ou de localisation pour l'environnement constituent des systèmes duaux pouvant être utilisés au profit d'objectifs militaires. C'est la raison d'être du volet sécurité dans le programme européen GMES.

Le livre blanc souligne la polyvalence de l'instrument spatial comme outil politique, économique et de recherche apte à maintenir la puissance spatiale de l'Europe. Il s'agit d'«offrir une large gamme de services à l'appui des principales politiques environnementales ainsi qu'en vue de la réalisation des objectifs de la politique étrangère et de sécurité» notamment par « la

³⁰ l'ESRIN (centre de traitements des données de l'ESA) active la fourniture de moyen auprès des systèmes satellites partenaires : spot, ers-é, envisat, satellites météo de la NOAA, SAC-C argentin, IRS indien, Radarsat-1.

fourniture d'une aide à la cartographie et à la décision en vue de l'aide et de la reconstruction, du déminage et du développement d'outils de gestion des crises et de prévention des conflits.»

Le document évoque aussi les domaines privilégiés d'actions futures - contrôle du respect des traités, surveillance des frontières, surveillance des sites et des installations critiques, anticipation et surveillance des crises humanitaires- le type des missions envisagées s'orientant vers le «maintien de la paix et de soutien de forces combattantes dans des missions de gestion de crises, notamment de pacification».

Ainsi, le domaine militaire s'imisce dans le champ d'action de la sécurité civile (secours, alerte) sur des domaines liés à la maîtrise des risques sous couvert de prévenir des catastrophes (humanitaires ou industrielles) et grâce à des procédés technologiques spatiaux semblables. Une catastrophe naturelle peut être la source d'un évènement qui sera traité par le militaire (exode, guerre de possession) et inversement un affrontement militaire pourra donner naissance à des désordres environnementaux (pandémie, pollution, manque d'eau, aménagement du territoire à repenser après le conflit). Dans le même ordre d'idée, la détection et la surveillance de cultures illicites (drogues) ou d'exploitations minières (mine de Diamants, Coltran en R.D.C.) peuvent conduire à des objectifs militaires.

Cependant, en s'éloignant du champ environnemental, domaine consensuel, et en voulant faire de GMES « un système global d'information européen »³¹, on se heurte à la difficulté de commandes, aux ordres des militaires de tels systèmes spatiaux. Dans une optique orientée vers l'ouverture à la diffusion, le service et la demande, la disponibilité, le contrôle des moyens satellitaires et la confidentialité et la sécurisation des segments sols restent problématiques à l'image des tergiversations autour du système de positionnement GALILEO.

CONCLUSION : l'espace, expression de la gouvernance européenne ?

Cet ensemble de services constituent une opportunité pour le marché spatial européen en entretenant une demande presque moribonde après la chute des marchés satellitaires de télécommunication. Elle peut aussi constituer la sauvegarde d'un potentiel de recherche et de « matière grise » dans le domaine à l'image des centres de recherche nationaux. L'initialisation financière de l'état est un lieu commun dans le domaine mais est essentielle à assurer la volonté et la continuité des projets. L'Europe, elle aussi doit pouvoir insuffler au secteur spatial une dynamique commune.

³¹ Xavier pasco : « la technologie au cœur de la politique européenne le programme européen "global monitoring for environment and security" » AFRI 2005

La constitution européenne affirme le développement durable comme un des objectifs fondamentaux et prêche (Article III-155) pour une véritable politique spatiale au travers d'un programme spatial qui affirme l'espace comme une compétence partagée, permettant ainsi aux pays non ESA d'obtenir une participation dans les projets.

Le semi échec de la constitution ne remet pas en cause cet axe d'effort. L'accord cadre ESA-commission européenne le prouve. Mais il faut aller plus loin dans les avancées car la vision stratégique du spatial manque.

Aujourd'hui, l'espace est un moyen mis à la disposition des utilisateurs finals, par des directions générales utilisatrices différentes (recherche, transports, société de l'information, environnement, agriculture, sécurité) ce qui n'incite pas à l'optimisation des moyens ou des volontés. Une réelle réflexion sur la mise réseau des compétences nationales et de celle de l'ESA serait nécessaire afin d'augmenter les synergies et de combattre les redondances.

De la même façon, la notion de juste retour qui est celle de l'ESA doit être rénovée de façon à trouver une intention plus conforme à la notion de bien commun européen qui est directement applicable dans le domaine environnemental.

L'accord cadre ESA/UE faisant de l'ESA l'agence opérationnelle spatiale de l'Europe et le « Conseil Espace »³² apporte une réelle avancée dans le domaine de l'action spatiale, apte à faire de ce domaine un facteur d'affirmation de l'Europe. On pourrait aller encore plus loin en proposant comme Le Conseil Economique et Social dans un rapport intitulé « La politique spatiale de recherche et de développement industriel » le souhaitait, pour la nomination d'un Commissaire responsable pour l'Espace à la Commission Européenne.

Mais cela ne va pas sans une réelle prise de conscience des efforts financiers à consentir dans le secteur spatial et celui de la recherche pour lesquels le fossé atlantique se creusent avec les Etats-Unis.

L'Europe ne se positionne pas dans la même vision que l'Amérique dans le domaine spatial. Celui n'apparaît pas toujours aux yeux des européens comme un enjeu stratégique de souveraineté et de contrôle de puissance. Forte de ses valeurs humanistes, l'Europe prône la diffusion de la connaissance et le rayonnement de l'idée de gouvernance environnementale européenne et mondiale. Ces valeurs méritent d'être défendues car elles sont porteuses de sens à long terme et elles peuvent fédérer les nations vers un but commun, celui d'un mode de gouvernance planétaire exprimé par une Europe parlant d'une seule voie. Là où les idées de défense commune et de politique étrangère commune ont des difficultés à trouver leur

³² Le premier a eu lieu le 25 novembre 2004. Il a été établi afin de coordonner et faciliter les activités menées en coopération entre la Communauté Européenne et l'ESA.

impulsion, le réalisme environnemental de par son impact immédiatement perceptible sur le citoyen pourrait devenir fédérateur.

Il ne faudra pas cependant omettre un sens du pragmatisme appliqué à l'économie et celui de l'action car bien entendu, comme dans tous les domaines, pour prendre en compte le fait environnemental, sa dimension spatiale et son intérêt stratégique, il ne suffit pas d'observer, il faut aussi agir.

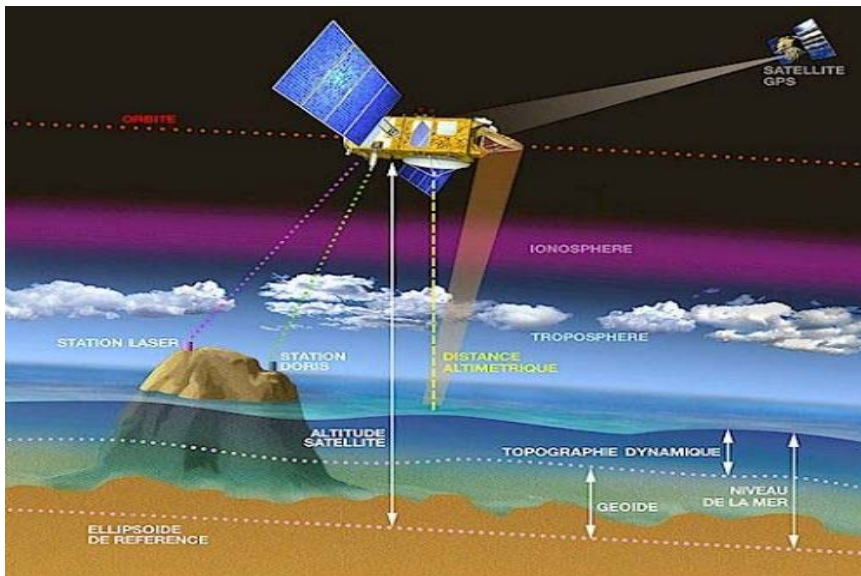
ANNEXES

ANNEXE 1 : principe de l'altimétrie et de l'interférométrie

L'interférométrie (Source site internet de la commission européenne)

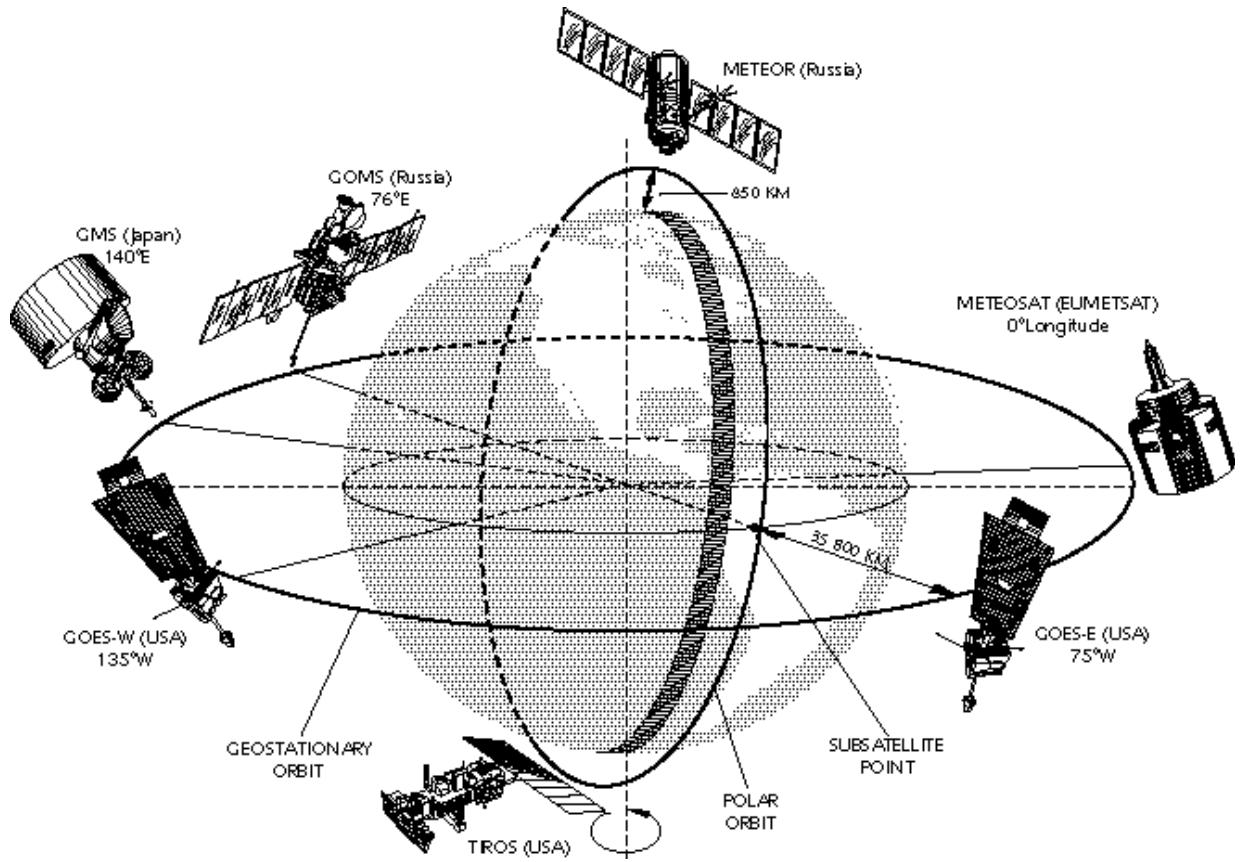
L'interférométrie, qui consiste à combiner deux signaux radar d'une même région à deux moments différents, est une technique démontrée lors de survols successifs d'une même région, ou encore par le vol en tandem des satellites européens ERS. Si les signaux sont identiques, la forme d'onde du signal combiné restera la même. Par contre, si des changements sont intervenus à la surface terrestre, les formes d'onde présentent des différences – les franges d'interférences. En traitant ces interférences, on parvient à identifier le moindre changement dans la topographie, ce qui fournit de précieuses indications sur le comportement des sols lors de séismes. Le CNES a mis au point le progiciel *Diapason* qui, à partir des mesures d'un satellite radar (pour les applications INSAR avec ERS-2), peut détecter automatiquement des déplacements de quelques millimètres sur des sections d'un km² de la surface terrestre. Cette méthode de l'interférométrie différentielle permet de déterminer les moindres variations du relief, de l'humidité en surface et de la couverture végétale.

L'altimétrie spatiale (source site internet jason)



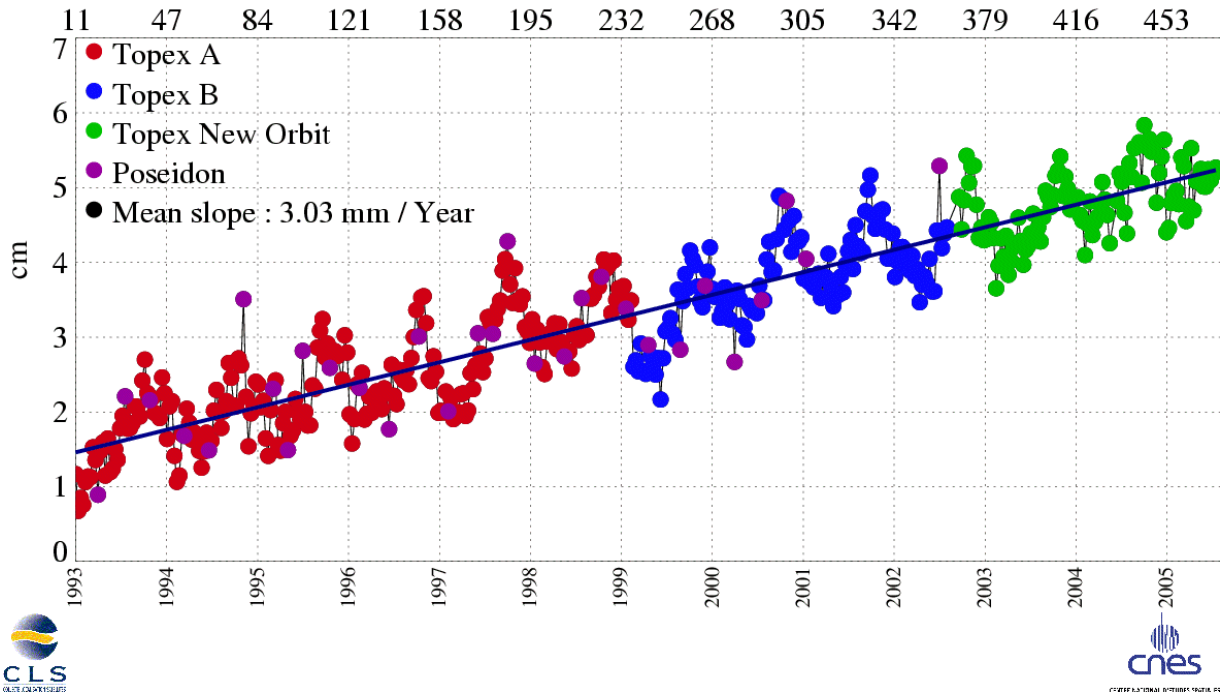
L'altimètre émet une onde radar et l'analyse après réflexion sur la surface. La hauteur de mer est égale à la différence entre la distance satellite - surface (déduite du temps mis par l'onde pour faire l'aller-retour) et la position du satellite par rapport à une surface de référence arbitraire (l'ellipsoïde de référence). Des systèmes de localisation comme Doris permettent une précision extrême sur cette position du satellite en orbite. Il faut aussi tenir compte de la moindre perturbation subie par l'onde radar. La mesure de ces perturbations (par des instruments annexes, ou par l'utilisation de plusieurs fréquences), ou leur estimation par des modèles, permet de corriger la mesure altimétrique.

ANNEXE 2 : le système météorologique mondial

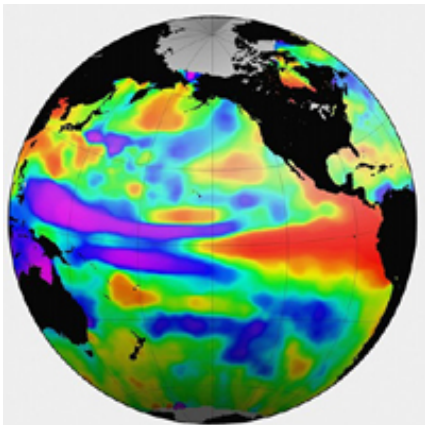


Source WMO.

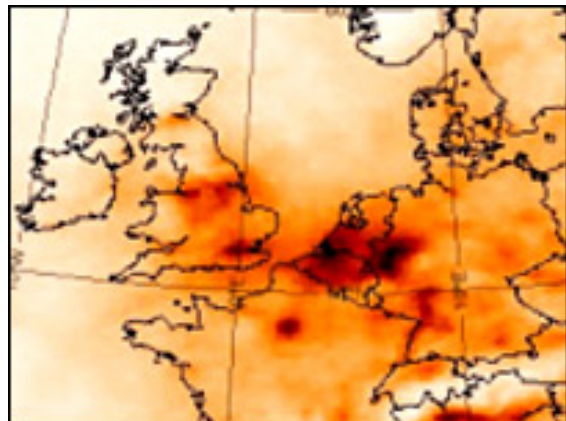
**ANNEXE 3 : l'observation par satellite et les changements environnementaux :
illustrations**



moyen global des océans depuis 1993.(source CNES)



el niño (côte sud américaine)



pic de pollution en Europe

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages en français

- Verger ferdinand (Dir), *l'atlas de géographie de l'espace*, Belin, 1997, 320 pages
- Lebeau andré, *L'espace, les enjeux et les mythes*, Hachette ,1998
- Pasco xavier, Malavialle anne marie, Soubrière-Vergès Isabelle, *espace et puissance*, Ellipses FRS 1999. 204 pages
- Garcin thierry, *les enjeux stratégiques de l'espace*, Bruylant, 2001
- Chaigneau pascal (dir), *l'espace nouvelle frontière stratégique, enjeux diplomatiques et stratégiques* 2004, Economica, 2004
- OCDE (Andrieu michel), *L'espace à l'horizon 2030 : quel avenir pour les applications spatiales*, les éditions de l'OCDE, février 2004, 266 pages
- Achache José, *les sentinelles de la terre*, Hachette littérature MARS, 2004, 185 pages.
- OCDE (Andrieu michel), *l'espace à l'horizon de 2030 : relever les défis de la société de demain*, les éditions de l'OCDE, février 2005, 383 pages

Publications en français :

- Rapport collectif du CNES, *l'initiative européenne « suivi global pour l'environnement et la sécurité (GMES) » et le protocole de Kyoto. Besoins en matière d'informations et de données associées*. 2000 24 pages
- DENEUX marcel, *Rapport sur l'évaluation de l'ampleur des changements climatiques, de leurs causes et de leur impact prévisible sur la géographie de la France à l'horizon 2025, 2030 ET 2100*, office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques 13 février 2002, 291 pages
- Mission interministérielle de l'effet de serre, *Changement climatique, guide explicatif des accords internationaux*, 2002, 26 pages
- Commission européenne, *Livre vert politique spatiale européenne*, 21 janvier 2003, 32 pages
- Dordain jean jacques *session de cloture de la consultation du livre vert sur la Politique Spatiale Européenne*, juin 2003, 9 pages
- Commision européenne, *Livre blanc espace : une nouvelle frontière européenne pour une union en expansion plan d'action pour la mise en œuvre de la politique spatiale européenne*, 11 novembre 2003, 64 pages

- Werner Nicolas, *L'avenir de l'Europe spatiale*, PARIS, Fondation Robert Schuman, octobre 2004 40 pages
- RTD INFO n°44, *Terre et Espace, la planète en son miroir*, février 2005, 40 pages
- Nardon Laurence et Jauréguy Maïté, *Europeans in Space*, rapport de l'IFRI, 1 septembre 2005.

Articles de revue

- L'espace, *enjeu de puissance* Annuaire français des relations internationales, volume III, Bruylant, 2002.
- Laurence nardon, *L'administration Bush et l'espace, Militarisation, gestion et coopération*, IFRI avril 2002
- L'espace, *outil géopolitique des Etats-Unis* revue française de géopolitique, n°1, Ellipses, 2003
- Brachet Gérard *L'Observation de la Terre pour l'environnement: les ambitions de l'Europe après le Sommet de Washington*, compte rendu du sommet d'observation de la terre de Washington, CFE, Novembre 2003.
- Nardon Laurence, *Why Europe does space differently*, Space news, 1 novembre 2004.
- NASR Jean-marc , *Quel marché pour l'observation de la Terre?*, La Défense, mars 2005
- Alain de Neve, *l'Europe spatiale* , Défense et sécurité internationale n°2, mars 2005.
- Dordain Jean Jacques, *Eléments sur la stratégie spatiale de l'Europe*, la Défense, mars 2005.
- Montanié Benoit, *L'espace est stratégique*, La Défense, mars 2005.
- Molard Bernard, *Voir, comprendre, agir ensemble*, La Défense, mars 2005
- Lepeuple Gérard, *L'espace, un milieu stratégique à surveiller et contrôler*, La Défense, octobre 2005
- Chiquet Pierre, *La recherche spatiale*, La Défense, octobre 2005
- Pasco Xavier, *La technologie au cœur de la politique européenne, le programme européen GMES*, Annuaire Français de Relations Internationales, la documentation française Bruylant 2005

Articles de presse :

- Forgeard Noël, *l'Europe doit investir dans le spatial*, Le Monde, mercredi 9 novembre 2005.
- Guedj Nicole, D'escatha Yannick, Sourisse Pascale, *Le spatial au service de l'humanitaire*, le figaro du 15 novembre 2005
- Vanlerberghe Cyrille, *le satellite topex poséidon d'observation des océans a cessé de fonctionner*, le FIGARO du 06 janvier 2006

- De Malet Caroline, *Prévenir les pics de paludisme grâce à la météo*, le Figaro du 13 janvier 2006.
- Morin Hervé, *La végétation émet de grandes quantités de méthane, puissant gaz à effet de serre*, Le Monde du 13 janvier 2006.

Sites internet :

europa.eu.int/comm/research/index_fr.htm site institutionnel européen (commission européenne) sur la recherche

europa.eu.int/comm/space/index_en.htm site institutionnel européen (commission européenne) sur l'espace (anglais)

europa.eu.int/comm/environment/index_en.htm site institutionnel européen (commission européenne) sur l'environnement (en anglais)

www.esa.int. Site institutionnel de l'agence spatiale européenne (en anglais)

www.cnes.fr site du CNES

www.gmes.info site institutionnel consacré au programme GMES (en anglais)

www.eumetsat.int site institutionnel de l'agence EUMETSAT.

www.senat.fr/rapinf.html rapports d'information du Sénat

www.recherche.gouv.fr/espace/espindex.htm site du Ministère délégué à l'Enseignement Supérieur et à la Recherche, politique spatiale de la France.

www.ecologie.gouv.fr ministère de l'écologie et du développement durable

www.fao.org/gtos/index.html site institutionnel de la FAO () sur GTOS (Global Observing Terrestrial System)

earthobservations.org/ site du GEO GROUP on Earth Observations

www.epa.gov/geoss/index.html Site du GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) de L'EPA (US Environmental Protection Agency)

www.wmo.ch site de l'organisation mondiale de la météorologie

www.ifri.org site de l'IFRI CFE

www.robert-schumann.org site de la fondation Robert Schuman

www.ifremer.com site de l'IFREMER

www.jasonoceanobs.com site de société exploitation données du satellite Jason

www.farmstar-space.com service d'exploitation d'images satellitaires au profit de l'agriculture (société ARVALIS et EADS ASTRIUM)

www.i-space.fr/index_fr.htm industriels de l'espace

www.cieletespace.fr site du magazine ciel et espace

www.spacenews.be site d'actualités spatiales

TABLE DES MATIERES

AVANT PROPOS	1
INTRODUCTION	2
PREMIÈRE PARTIE : L'ESPACE COMME OUTIL POUR L'ENVIRONNEMENT EN EUROPE	3
1 LE POTENTIEL DE L'OUTIL SPATIAL	3
1.1 <i>Les capacités technologiques:</i>	3
1.2 <i>Les limitations du spatial</i>	4
2 L'EXISTANT : DES SUCCES SPATIAUX EUROPEENS POUR L'ENVIRONNEMENT	6
2.1 <i>Le domaine météorologique</i>	6
2.1 <i>L'observation pour l'environnement</i>	7
2.3 <i>Le domaine océanographique</i>	8
2.4 <i>Le domaine de l'analyse environnementale</i>	9
2.5 <i>Les autres réalisations : le projet planète vivante</i>	10
DEUXIEME PARTIE : L'ENVIRONNEMENT, UNE CHANCE POUR L'EUROPE, UNE OPPORTUNITE DE FORGER UNE VISION COMMUNE.	11
1 LA NOTION D'ENVIRONNEMENT : DU PRINCIPE ALTRUISTE A LA REALITE ECONOMIQUE	11
1.1 <i>La genèse des débats</i>	11
1.2 <i>Vers l'émergence du concept de développement durable</i>	12
2 DES SCENARIOS PROSPECTIFS ET DE LEUR INFLUENCE SUR LE SPATIAL ET L'ENVIRONNEMENT.....	13
2.1 <i>Une approche par les risques et les scénarios géopolitiques</i>	13
2.2 <i>Le positionnement européen : le livre blanc et le programme GMES</i>	15
2.3 <i>Les axes capacitaires</i>	19
CONCLUSION : L'ESPACE, EXPRESSION DE LA GOUVERNANCE EUROPEENNE ?	31
ANNEXES	34
ANNEXE 1 : PRINCIPE DE L'ALTIMETRIE ET DE L'INTERFEROMETRIE.....	35
ANNEXE 2 : LE SYSTEME METEOROLOGIQUE MONDIAL.....	36
ANNEXE 3 : L'OBSERVATION PAR SATELLITE ET LES CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX : ILLUSTRATIONS	37
BIBLIOGRAPHIE	38
TABLE DES MATIERES	42