

► DIRECTION DES ETUDES ECONOMIQUES ET DE L'EVALUATION
ENVIRONNEMENTALE

► DOCUMENT DE TRAVAIL

RAPPORT DU GROUPE DE REFLEXION ENVIRONNEMENT ET APPLICATIONS DE L'ESPACE

Document réalisé conjointement avec le ministère de la recherche

**Bertrand GALTIER
Michel LEBLANC**

**Série méthodes
N° 03-M02**



MINISTÈRE
DE
LA 
RECHERCHE

Rapport du groupe de réflexion « environnement et applications de l'espace »

Site internet : <http://www.environnement.gouv.fr>
20 avenue de Ségur - 75302 Paris 07 SP

SOMMAIRE

Résumé	3
1. Introduction : éléments de contexte	4
2. Les besoins	5
2.1. Méthodologie	5
2.2. Le champ couvert : l'information environnementale localisée	6
2.3. Les attentes vis-à-vis du spatial exprimées par les services du MATE	7
2.3.1. Les services déconcentrés	7
2.3.2. Le domaine de l'eau	7
2.3.3. Les risques naturels	8
2.3.4. Les écosystèmes et les espaces protégés	8
2.4. Exemples d'utilisation des données spatiales pour l'environnement	9
2.5. Le rôle des données spatiales dans l'élaboration de l'information environnementale	10
2.6. Forces et faiblesses de l'expression des besoins de l'information environnementale	12
3. Les acteurs	15
3.1. Typologie des acteurs	15
3.2. Les acteurs dans l'expression des besoins et des spécifications des données spatiales	17
3.3. Les causes de l'imperfection du dialogue.	17
4. Recommandations	18
4.1. Appuyer la structuration de la communauté des utilisateurs	18
4.2. Favoriser l'expression de la demande et sa formulation en termes techniques	18
4.3. Organiser le dialogue entre utilisateurs et fournisseurs	19
4.4. Veiller à l'insertion des efforts français dans la démarche européenne	19
Annexe 1 : Mandat du groupe	20
Annexe 2 : Composition du groupe	21

Annexe 3 : Les initiatives européennes GMES (Global Monitoring for Environment and Security) et E-ESDI (European Environmental Spatial Data Infrastructure)	22
Annexe 4 : Fiches thématiques	23

RESUME

L'information sur l'environnement est un domaine en mutation profonde, qui fait l'objet d'initiatives nombreuses, tant au niveau national qu'euro péen. Les techniques spatiales peuvent contribuer à répondre aux besoins en informations environnementales, mais la rencontre entre, d'une part, la demande des utilisateurs de ces informations et, d'autre part, l'offre proposée par les techniques spatiales, a rarement lieu. Dans ce contexte, le Ministère de la recherche (MR) et le Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement (MATE) ont mis en place en 2001 un groupe de réflexion sur le thème « Applications de l'espace et environnement », dont l'objectif général est, à partir d'une analyse de cette situation, de faire des propositions pour une meilleure prise en compte de l'environnement dans la conception et la mise en œuvre des programmes spatiaux, notamment européens.

Le groupe de travail a d'abord précisé les besoins auxquels peuvent répondre les techniques spatiales dans le champ environnemental. Les attentes vis-à-vis du spatial exprimées par les services du MATE sont ainsi analysées, dans des domaines comme l'eau, les risques naturels, les écosystèmes et les espaces protégés. Une première constatation est que les besoins s'inscrivent de plus en plus dans le cadre de la déclinaison au niveau national de la réglementation communautaire. A partir d'exemples d'application des données spatiales, empruntés à différents domaines d'application, le groupe a observé que les données spatiales ne constituaient qu'une source de données parmi d'autres, et qu'elles n'étaient efficaces qu'au sein d'un système dans lequel toutes les données sont importantes. Dans certains domaines, comme l'altimétrie océanographique, l'information spatiale est à ce jour irremplaçable et couvre des besoins importants. Dans d'autres, elle n'apporte rien de plus que les données de terrain ou aéroportées.

Sur un plan plus conceptuel, un problème identifié concerne la compatibilité avec les modèles de description de l'environnement. L'information environnementale fait l'objet d'efforts importants de normalisation, d'organisation, et d'amélioration de la qualité de la définition des besoins. Il peut en résulter, d'une part, une expression plus claire des spécifications des informations environnementales mais, également, de plus grandes difficultés à rapprocher les données spatiales de ces produits d'information.

Constatant que la « demande des utilisateurs » restait une expression imprécise, le groupe a, à partir d'une typologie des utilisateurs, mis en évidence la diversité des relations entre la communauté spatiale et différents groupes d'acteurs : ceux qui sont « légitimes » pour exprimer les besoins ; ceux qui ont la compétence pour les spécifier en termes d'informations environnementales ; ceux qui ont la compétence pour identifier la réponse technique du spatial. Dans ce paysage, seuls les milieux scientifiques et de la recherche peuvent à la fois s'adapter rapidement aux systèmes spatiaux, formuler techniquement leurs besoins, exploiter les données existantes et peser le cas échéant sur les programmes spatiaux.

Les conclusions et recommandations portent sur quatre points :

- appuyer la structuration de la communauté des utilisateurs ;
- favoriser l'expression de la demande et sa formulation en termes techniques ;
- organiser le dialogue entre utilisateurs et fournisseurs ;

- veiller à l'insertion des efforts français dans la démarche européenne.

1. Introduction : éléments de contexte

La demande d'informations sur l'environnement est extrêmement vive et émane d'acteurs de plus en plus diversifiés. La mise en œuvre de systèmes d'information cohérents est par ailleurs essentielle pour assurer l'efficacité des politiques publiques environnementales.

Au plan national, l'IFEN est au cœur du dispositif de collecte, de mise en forme et de diffusion de cette information. De nombreux réseaux de mesures et systèmes d'information diffusés ou non existent d'ores et déjà dans des domaines comme l'eau, l'air, la biodiversité, les risques. Des efforts d'optimisation et d'amélioration des systèmes existants sont en cours. Notamment, une mission sur les « Observatoires pour l'environnement », portant à la fois sur les « Observatoires de recherche pour l'environnement » et les « Observatoires opérationnels de l'environnement », mandatée conjointement par le Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement (MATE) et par le Ministère de la recherche (MR), a remis récemment son rapport.

Au plan européen, le règlement CEE 1210/90 (modifié par 933/1999) a institué conjointement l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) et le réseau EIONET (European Information and Observation Network). L'initiative GMES (Global Monitoring for Environment and Security), en cours de lancement conjointement par la Commission Européenne et l'Agence Spatiale Européenne, s'intéresse notamment à améliorer et développer l'utilisation des outils spatiaux pour l'environnement.

L'information sur l'environnement est apparue très tôt comme un champ d'application possible des techniques spatiales. Les satellites fournissent en effet des observations complémentaires de celles issues d'autres sources. Ils proposent des vues synoptiques, bidimensionnelles et tridimensionnelles, de la terre, des océans et de l'atmosphère, et peuvent, selon leurs caractéristiques techniques, mettre en évidence des phénomènes environnementaux particuliers, y compris sur des régions peu accessibles. Les données spatiales peuvent aussi, dans certains cas, présenter des avantages en termes de délais d'acquisition et de coûts. Par rapport aux données des réseaux au sol, elles peuvent conduire à une plus grande cohérence à l'échelle de la Planète. Compte tenu, d'une part, de ces qualités et, d'autre part, du poids politique et social croissant des préoccupations environnementales, il n'est pas étonnant que l'environnement soit considéré comme un débouché à fort potentiel des technologies de l'espace.

De fait, la communauté nationale a consenti des investissements lourds pour les systèmes spatiaux à vocation environnementale (SPOT, ERS, Envisat, entre autres).. Il apparaît toutefois que, malgré les enquêtes utilisateurs conduites par les promoteurs du spatial, les acteurs de l'environnement n'ont pas le sentiment que leurs besoins soient au cœur des prises de décision. Pour eux, le système est tiré par une logique industrielle et technologique plutôt que par la demande environnementale. Ils estiment qu'une meilleure prise en compte de leurs besoins faciliterait l'utilisation des outils spatiaux comme une source de données parmi d'autres. Il serait toutefois erroné de dire que l'observation de la terre n'a évolué qu'à partir de l'offre technologique. Les opérateurs du spatial affichent clairement le souci de l'utilisateur et de l'opérationnalisation, mais, en pratique, le recours à la donnée satellitale est loin d'être banalisé parmi les acteurs de l'environnement.

Dans ce contexte, le MR (Direction de la technologie) et le MATE (Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale) ont décidé de mettre en place un groupe de

réflexion sur le thème « applications de l'espace et environnement », avec pour objectif général de mieux comprendre la nature de ces dysfonctionnements et de faire des propositions pour une meilleure prise en compte des besoins des utilisateurs des données environnementales dans la conception et la mise en œuvre des programmes spatiaux, notamment nationaux et européens. Le choix de n'avoir associé à ce travail que des représentants de la sphère environnementale et de la recherche est délibéré. Il s'agit en effet de conduire une première réflexion autonome en prévision d'un dialogue plus mûr avec la filière spatiale.

Le mandat du groupe de travail figure en annexe 1.

Ce document, remis en décembre 2001, constitue son rapport final. Conformément aux objectifs fixés, il présente :

- au chapitre 2 : une réflexion sur les besoins des acteurs de l'environnement ;
- au chapitre 3 : une réflexion sur le rôle des utilisateurs vis-à-vis des programmes spatiaux ;
- au chapitre 4 : des recommandations susceptibles d'améliorer le rapprochement entre l'offre et la demande.

2. Les besoins

L'objectif de cette partie est de préciser les besoins auxquels pourraient répondre les techniques spatiales dans le champ de l'environnement, en particulier en matière de systèmes d'information sur l'environnement. Il s'agit d'illustrer les différents aspects de la demande actuelle et prévisible et de s'interroger sur la pertinence et l'adéquation des réponses apportées ou proposées par le spatial.

2.1. Méthodologie

La littérature scientifique sur les applications environnementales des techniques spatiales est particulièrement abondante, et de très nombreux colloques ont été organisés sur ce sujet. On y trouve le souci de plus en plus fort d'amener les applications de la télédétection à un stade réellement opérationnel. Compte tenu de l'ampleur du domaine, il n'était pas dans notre propos de dresser une synthèse de ces travaux et résultats ou d'établir un inventaire exhaustif des besoins et des réponses apportées ou susceptibles d'être apportées par le spatial. Nous avons préféré illustrer, par quelques exemples, les différentes situations rencontrées en matière de besoins, et d'adéquation de la réponse technologique par rapport à ces besoins.

Ce chapitre rappelle d'abord quelques caractéristiques des données localisées environnementales. Il expose ensuite les attentes vis-à-vis du spatial exprimées par les services du MATE. Il présente des exemples illustrant le rôle joué par les données spatiales dans l'élaboration de l'information environnementale. Le chapitre se conclut par une réflexion sur la qualité de l'expression des besoins par les acteurs de l'environnement.

Le groupe n'a pas approfondi le thème de la santé, bien que les techniques spatiales présentent, dans ce domaine, des potentialités sans doute trop peu exploitées.

2.2. Le champ couvert : l'information environnementale localisée

Le domaine couvert par les besoins est essentiellement celui de l'information géographique environnementale, c'est à dire une information localisée dans l'espace. Le champ de l'information statistique agrégée au niveau national ou européen n'est pas abordé. Signalons toutefois qu'il y aurait certainement matière à développer davantage l'exploitation des images satellitaires dans les processus d'élaboration des données statistiques environnementales. On pourrait en particulier songer à faire appel aux techniques de structuration géographique des plans d'échantillonnage à partir d'images satellitaires, qui ont été mises au point pour les statistiques agricoles européennes. De même, le groupe ne s'est pas penché sur les indicateurs de développement durable dont la définition est en cours de discussion au niveau européen, et à l'aune desquels seront suivies et évaluées, dans le futur, les stratégies nationales et européennes de développement durable.

Les problèmes de compatibilité de données géographiques et de modèles interprétatifs ou prédictifs de sources différentes sont des obstacles fréquents dans l'exploitation des systèmes d'information environnementale. Limitant notre propos à l'information localisée, il n'est pas inutile de rappeler trois types de difficultés inhérentes à ce domaine, de nature géographique, sémantique et métrologique.

- La superposabilité des données. Aujourd'hui, les images spatiales ne sont pas sources de difficultés spécifiques car il existe désormais des traitements géométriques performants. Le problème se situe en amont, au niveau du choix d'un référentiel de positionnement applicable à l'ensemble des données exploitées dans un système d'information géographique. Un besoin fort des utilisateurs est précisément de disposer de bases de calage aisément exploitables et d'outils de transformation fiables.
- La cohérence sémantique. Dans un système d'information, le «réel» est modélisé sous forme d'une collection d'objets. Il est fréquent que de telles codifications d'origines différentes ne soient pas compatibles entre elles. (Exemple volontairement simplificateur : différentes définitions de la notion de « forêt »). La finesse et la clarté des spécifications sont essentielles dans l'exportation d'informations hors du système où elles ont été conçues.
- Les aspects métrologiques : dans certains cas, les informations sont recherchées pour leur capacité à être des grandeurs mesurables pouvant être utilisées dans des approches quantitatives. Les cas les plus démonstratifs à ce jour sont les estimations altimétriques par le biais de données stéréoscopiques et les estimations de taux de recouvrement de la végétation sur les sols par le biais d'indicateurs comme les indices de recouvrement de la végétation dans le domaine optique. Des quantifications empiriques ont été proposées sur bien des thèmes (réflectance et taux de matière organique des sols, réflectance et activité chlorophyllienne, réflectance et rendement agricole, réflectance et coefficient de ruissellement, rétrodiffusion et rugosité, température et humidité des sols). Les difficultés sont toujours liées à la faible généralisation de ces relations empiriques ou semi-empiriques établies dans des contextes donnés, mais une réelle ouverture est attendue par l'accès

simultané à plusieurs capteurs pour approcher au mieux la quantification des paramètres de surface.

2.3. Les attentes vis-à-vis du spatial exprimées par les services du MATE

Le MATE a organisé une série de réunions avec ses services afin de recueillir leur avis sur l'utilisation des technologies spatiales en matière de données environnementales et d'évaluer leurs attentes. L'exercice ne visait pas à obtenir un recueil exhaustif des besoins, mais à rassembler des exemples et propositions venant de praticiens, de façon à alimenter la réflexion du groupe de travail. Il aurait gagné à être étendu à d'autres ministères dont l'activité concerne aussi l'environnement (agriculture, équipement), mais les échéances à respecter n'ont pas permis de le faire. Les principales conclusions de ces réunions sont exposées ici pour mieux illustrer notre analyse.

De façon générale, on observe que les besoins, les attentes et les modes d'intervention du MATE sont fortement marqués par deux facteurs : d'une part, l'évolution du cadre législatif européen qui oriente les besoins d'informations tout en incitant à une plus grande harmonisation à l'échelle communautaire ; d'autre part, l'évolution rapide des outils (informatique et systèmes d'information). Les situations locales sont également variées. Ce contexte évolutif peut rendre difficile la formalisation de l'expression des besoins, qui ne peut être définitive et figée.

2.3.1. Les services déconcentrés

Au niveau des DIREN, les attentes se situent à deux niveaux.

- Il s'agit d'abord de disposer de produits d'information « industrialisés » : une nomenclature stable et universelle ; une fréquence d'actualisation régulière ; un calage sur un référentiel géographique à moyenne échelle. Un produit CORINE Land Cover compatible avec la BD Carto de l'IGN répond dans une certaine mesure à cette attente. Une couverture orthographique à plus grande échelle serait également susceptible d'intéresser les DIREN. (L'acquisition d'une telle couverture est actuellement à l'étude)
- Il s'agit ensuite de pouvoir suivre la dynamique de situations environnementales évolutives, (en calant les informations correspondantes sur le référentiel précédemment cité). A titre d'exemple : étalement urbain ; zones paysagères ; zones écologiques remarquables ; phénomènes d'érosion...

2.3.2. Le domaine de l'eau

Le domaine de l'eau est caractéristique de l'impact de l'évolution réglementaire européenne sur l'activité nationale en matière d'informations environnementales. La directive cadre sur l'eau, publiée en 2000, oriente fortement la mission des services publics en charge des données sur l'eau. Elle se traduit en effet par une obligation de restitution d'une cartographie numérique des bassins versants, décrivant l'occupation des sols en lien avec les différents usages de l'eau. Or un bassin étant toujours défini de façon ambivalente (quelle zone contributive pour quel exutoire ?), un débat est ouvert pour définir ces entités fonctionnelles en lien avec une application donnée et un utilisateur précis. Un travail

important est donc à mener, à l'échelon européen, pour, d'une part, préciser, les spécifications des produits attendus, et, d'autre part, mettre au point les méthodes d'élaboration de ces produits. D'un point de vue technique, le besoin concerne une couverture numérique de l'occupation des sols en lien avec les différents usages de l'eau et la répartition spatiale de l'eau.

2.3.3. Les risques naturels

En matière de risques naturels, des besoins opérationnels existent en matière de transfert de données par satellite dans le domaine de l'annonce de crues : la télétransmission de données localisées est susceptible d'être particulièrement mobilisatrice.

En ce qui concerne les données aériennes ou satellitaires, un besoin générique identifié est l'établissement de modèles numériques de terrain précis, rapides et économiquement compétitifs, nécessaires pour la cartographie des aléas et des risques. Les besoins exprimés, par exemple pour la prévention des inondations, demandent une précision de l'ordre de 20cm en altimétrie et 1 m en planimétrie. Pour la surveillance des risques géologiques et mouvements de terrain, la précision requise est de l'ordre du cm en altimétrie.

Un autre besoin est l'observation et la caractérisation de la vulnérabilité aux risques naturels, avec en particulier la connaissance de l'occupation du sol : types de constructions ; populations concernées ; réseaux.

Dans le domaine du retour d'expérience sur les risques, (pour lequel les inondations constituent une préoccupation prioritaire du MATE), le besoin est double :

- caractérisation de l'événement à son paroxysme (par exemple extension des crues, extension des déformations topométriques, extension des coulées de laves) ;
- évaluation des dommages après l'événement (par exemple extension des dégâts forestiers après tempête, extension des modifications de cordons littoraux...)

Dans le domaine de la surveillance et du suivi des risques géologiques, les besoins de répétitivité varient, d'une part, selon la dynamique du phénomène et, d'autre part, selon le type de risque. Le déclenchement d'un phénomène va en général induire un souhait de surveillance rapprochée et un souhait de retour sur une archive consultable.

Dans le cas de risques importants, il y a également une nécessité de fréquence élevée de mesures. Pour l'alerte aux inondations rapides, des facteurs précieux seraient, d'une part, de disposer de prévisions météorologiques mieux localisées, et, d'autre part, de mesurer à pas de temps rapprochés l'état de saturation des sols. Sur ce dernier point, il n'y a rien d'opérationnel à ce jour.

De même, l'état hydrique de la végétation serait un indicateur utile pour la sensibilité aux incendies de forêts si les capteurs thermiques permettaient de l'approcher à une résolution spatiale satisfaisante.

2.3.4. Les écosystèmes et les espaces protégés

Les politiques de désignation d'espaces protégés, de gestion des milieux naturels et des paysages et de suivi de la biodiversité s'inscrivent dans un cadre large fixé par les politiques

européennes (réseau Natura 2000 par exemple), et des orientations fixées par l'Agence européenne de l'environnement.

Elles s'appuient sur différents types de données localisées :

- la connaissance et le suivi de la répartition des milieux naturels et des écosystèmes ;
- le suivi de leur dynamique spatiale, en particulier dans le cas de grands types d'écosystèmes sensibles tels que les zones humides ou les forêts, en fonction des pressions qui s'exercent sur les territoires ;
- l'analyse des tendances évolutives caractérisées par la production d'indicateurs.

Les représentations cartographiques associées correspondent schématiquement à une échelle allant du 1/25000 au 1/50000. Plusieurs sources de données (terrain, imagerie aérienne ou, pour les grandes zones, image satellitale) peuvent être envisagées de façon complémentaire. Pour certaines informations, les observations de terrain sont irremplaçables.

Les réponses susceptibles d'être apportées par les données satellitales correspondent à deux types d'approches, au niveau national et local.

- Au niveau national, il s'agit de disposer d'une vision globale, sur l'ensemble du territoire, de la répartition des milieux naturels. En l'absence d'inventaires exhaustifs de terrain, il convient d'examiner l'apport (et la cohérence) de produits existants : Corine Land Cover et Corine Biotope par exemple. Un autre besoin est de disposer d'outils et d'informations permettant d'analyser l'impact de l'occupation du sol sur le patrimoine naturel et les paysages (fragmentation des milieux, consommation d'espaces naturels, rupture de corridors écologiques). Ce type de démarche pourrait s'inscrire dans le cadre du suivi, à l'aide d'indicateurs, de l'évolution du réseau écologique national établi dans le cadre du schéma de services collectifs des espaces naturels et ruraux.
- Au niveau régional ou local, les besoins portent notamment sur les outils de gestion et de connaissance des espaces naturels protégés, ou sur des initiatives régionales comme le suivi des lagunes littorales en Languedoc-Roussillon, ou encore le suivi, par les DIREN, de différentes politiques publiques (schémas de services collectifs, directive Habitat...) en rapport avec le patrimoine naturel et paysager (péri-urbanisation, équilibre résineux-feuillus, évolution de l'agriculture ou de la déprise agricole).

2.4. Exemples d'utilisation des données spatiales pour l'environnement.

Pour alimenter la réflexion, des exemples d'application des données spatiales à l'environnement sont décrits dans 11 fiches qui figurent en annexe 4.

Elles sont classés selon les situations suivantes :

- dans l'application environnementale considérée, les données spatiales constituent un apport important et ne présentent pas de caractère d'ambiguïté sur le plan de l'information apportée ;

- le recours aux données spatiales, bien que pratiqué ou envisageable, est d'un apport plus ambigu. Il peut par exemple amener à orienter fortement ou modifier le modèle d'informations environnementales qui correspondait a priori aux besoins ;
- les problématiques environnementales conduisent à des besoins non satisfaits, indépendamment de la réponse que l'on pourrait attendre du spatial ;
- les besoins d'informations environnementales sont satisfaits sans le recours aux technologies spatiales.

En pratique, les exemples traités concernent plutôt le premier de ces cas de figure. Des états des lieux sur les besoins en information environnementale font actuellement l'objet d'autres travaux. (On rappellera ici la mission sur les observatoires de l'environnement, ainsi qu'un inventaire de ces observatoires en cours de réalisation par l'IFEN).

Ces exemples ont été sélectionnés dans le domaine des besoins environnementaux indiqués ci-dessous, qui étaient définis par le mandat du groupe :

- les questions d'environnement global associées aux accords internationaux : changement climatique, biodiversité, désertification, eau ;
- la gestion des ressources naturelles ;
- le suivi des milieux, notamment l'eau ;
- les pollutions, les risques naturels et technologiques ;
- l'impact des infrastructures sur le milieu.

2.5. Rôle des données satellitales dans l'élaboration de l'information environnementale

L'information environnementale est un produit utilisé par les acteurs de l'environnement. Elle se distingue des données (elles-mêmes issues de mesures ou d'observations), qui permettent de l'élaborer. Ce paragraphe fait le point sur la contribution des données satellitales dans la fabrication des informations environnementales. En s'appuyant sur l'évaluation des besoins provenant des services du MATE, et sur l'analyse des fiches-exemples présentées en annexe 4, les débats du groupe permettent d'aboutir aux conclusions suivantes :

- **Une source de données parmi d'autres**

Le spatial n'est qu'une source de données parmi d'autres, mais il nécessite des capacités spécifiques (systèmes de traitement, compétences techniques) qui le rendent trop complexe, trop scientifique et souvent trop coûteux pour nombre d'utilisateurs (qui ne souhaitent pas, par ailleurs, tout confier aux experts du spatial). Les acteurs de l'environnement n'ont pas de raison de privilégier une source de données particulière et ils ne souhaitent pas être prisonniers d'une seule filière. Pour qu'elles soient efficaces, les données spatiales doivent être considérées comme faisant partie d'un système dans lequel toutes les données sont importantes. Pour différentes applications, les données aéroportées demeurent indispensables et non substituables par des données spatiales. Certains utilisateurs insistent sur le développement de produits aéroportés en complément de produits spatiaux, en raison de leur plus grande souplesse d'utilisation et de leur plus grande précision. Ils estiment qu'il serait utile de mettre en place un dispositif national de promotion et développement des

techniques aéroportées.¹

- **Des applications pour lesquelles le spatial a fait ses preuves et devient indispensable**

Dans certains domaines thématiques, le spatial est déjà « incontournable » : les informations qu'il fournit (après combinaison éventuelles d'autres sources de données) sont à la fois demandées et sans équivalent technique. Des exemples caractéristiques sont l'altimétrie océanographique (et ses applications sur l'étude du système océan-atmosphère) et la météorologie. Le suivi de la couche d'ozone, piloté par EUMETSAT, grâce à l'apport complémentaire de données spatiales et de mesures sols est aussi un exemple de succès. Dans ces cas de figure, les utilisateurs disposent des capacités techniques nécessaires et sont souvent proches des milieux scientifiques. L'utilité des projets spatiaux correspondants n'est pas remise en question. D'autres domaines sont bien sûr envisageables dans cette catégorie et il importe de s'interroger sur les critères de succès. Il semble d'abord que le paramètre observé doive être d'un intérêt reconnu, et qu'il soit mesurable. Par exemple la hauteur dynamique pour l'altimétrie, le vent pour la diffusiométrie, sont des paramètres reconnus, entrant dans les modèles, directement mesurables. Cette mesure peut être immédiate ou obtenue par application d'algorithmes complexes (il en sera ainsi, dans un proche avenir, pour la salinité à partir de l'émissivité de la surface de l'eau), l'essentiel étant d'arriver à un paramètre mesurable.

Il n'en est pas toujours ainsi. De fait, dans le domaine des pollutions marines, et malgré leur aptitude, les techniques spatiales ne peuvent donner lieu à la construction d'un réseau opérationnel de mesure des nappes de pétrole en surface (« slicks »). Ces slicks ont pour effet de changer la viscosité et donc la rugosité de la pellicule de surface. Ils ne sont visibles sur les images des radars que sous certaines conditions de vent, et leur quantification régulière s'avère impossible. Il n'y a pas dans ce cas de variables véritablement mesurables. Dans le domaine côtier, il existe toutefois un paramètre significatif du point de vue de l'environnement qui répond à ce critère de mesurabilité : la concentration en chlorophylle observable par télédétection.

En conclusion, il semble que l'on devra traiter de façon différente les applications de la télédétection conduisant à des mesures physiques susceptibles d'être directement relayées par des modèles ou des réseaux in situ, et celles se prêtant moins à une utilisation des données par des modèles mathématiques. On retrouve dans ces dernières des données essentielles se rapportant aux paysages ou à la biodiversité.

- **Des procédures d'exploitation parfois fragilisées par les aléas des acquisitions**

¹ Il est envisagé de doter les services territoriaux de l'Etat gérant le territoire (METL, MAP, MATE) de la couverture orthophotographique à haute résolution qui doit être produite par l'IGN dans le cadre du « référentiel à grande échelle » en cours d'élaboration. L'intérêt de ces services pour les sources de données spatiales s'en trouverait limité ou réorienté sur des champs d'application plus spécifiques.

Une des limites du recours au spatial peut provenir du caractère encore un peu aléatoire des acquisitions. Par exemple, l'utilisation de l'imagerie SPOT pour le suivi immédiat des dégâts d'une inondation n'est possible que si le couvert nuageux est suffisamment dégagé. Dans ce cas précis, il est dès lors impossible de considérer cette technique comme suffisamment fiable pour être exploitée en toutes circonstances, et donc de donner une importance trop exclusive à la donnée spatiale dans les systèmes d'observation.

- **Une demande forte de certains produits génériques**

Certains produits génériques font l'objet d'une demande de plus en plus forte : il s'agit notamment des MNT, des cartographies numériques d'occupation du sol, et des références de calage des systèmes d'information géographique à grande échelle. Un besoin également identifié est de disposer de données systématiques et exhaustives d'un territoire, pour apprécier la nature spatiale ou géographique de phénomènes particuliers. Les cartographies d'occupation du sol ne satisfont pas toujours ce besoin car leur nomenclature nécessairement figée ne répond par toujours au besoin spécifique de l'application considérée. Il y a donc un besoin d'images géoréférencées interprétables par les spécialistes de la discipline concernée (géologues, hydrologues, forestiers, écologues, économistes...), intermédiaires entre la donnée et l'information, sous forme d'orthophotographies ou de spatio-cartes, selon la précision souhaitée.

- **Des applications se rapportant plutôt à des échelles locales ou régionales**

A l'exception de CORINE Land Cover, la donnée spatiale est peu utilisée systématiquement dans ces chantiers de dimension nationale. Elle est en revanche de plus en plus exploitée pour des applications localisées de dimension régionale, ne prévoyant pas obligatoirement une généralisation spatiale : cartographie d'un parc naturel ; études ponctuelles d'aménagement urbain, de risques, de déformation de terrain ; suivi d'un phénomène particulier sur une zone sensible ou témoin (eutrophisation).

2.6. Forces et faiblesses de l'expression des besoins de l'information environnementale

Un souci des utilisateurs d'information environnementale concerne la compatibilité des données spatiales avec les caractéristiques des modèles ou informations environnementales. En fait, en matière d'environnement, les besoins d'information et les procédures de production correspondantes sont encore souvent insuffisamment spécifiés. La légitimité de la demande est diffuse. Il y a donc un certain flou qui peut inciter les opérateurs du spatial à « faire passer » leurs propres interprétations ou spécifications, voire à jouer le rôle d'intégrateur de données de différentes origines ou à fournir des modèles peu adaptés. Ceci risque de se faire au détriment des besoins réels des utilisateurs, de la diversité des cas à couvrir, ou des autres fournisseurs du marché.

La normalisation des informations environnementales est au cœur des travaux menés autour des observatoires sur l'environnement et de la modernisation du dispositif national d'information environnementale. La mission sur les observatoires révèle des problèmes d'organisation, d'échanges, de contractualisation, de labellisation. Le risque du spatial serait qu'il déstabilise les efforts de rationalisation actuellement en cours, qu'il ne s'adapte pas aux standards existants ou futurs, ou qu'il impose les siens, la réflexion sur les observations environnementales étant encore fragile. Mais la

situation actuelle peut aussi être considérée comme une opportunité, celle qui consisterait à créer une synergie entre le développement technologique et l'exercice de spécification des produits répondant aux besoins. Dans cette optique, il est très important d'instaurer une démarche conjointe spatial/observatoires de l'environnement/système national d'information, permettant la normalisation des informations issues du spatial. Le point de départ devrait être l'ensemble des textes réglementaires, nationaux et européens, dont la mise en œuvre nécessite la production d'informations environnementales localisées. Des produits d'information normalisés devraient être définis à partir de ces textes, à un niveau tant national qu'euro péen. On disposerait ainsi d'un ensemble de spécifications de besoins pour lesquels pourrait être examiné l'apport éventuel des données spatiales. Cette démarche ne s'applique pas qu'au spatial mais à tous les autres domaines, en particulier dans le cadre de l'initiative GMES.

Satellites et météorologie : le projet "SAF Ozone" (Satellite Application Facility)

EUMETSAT est une organisation intergouvernementale regroupant 17 nations européennes. Son objectif est l'établissement, le maintien et l'exploitation des systèmes européens de satellites météorologiques opérationnels. Cette fonction est assurée aux Etats-Unis par la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

L'élaboration de produits à partir des satellites météorologiques européens est une activité en expansion depuis le lancement des programmes MSG (Météosat Second Generation, volet géostationnaire) et EPS (European Polar System, observation depuis l'orbite polaire).

Au début de la décennie 1990, EUMETSAT s'est interrogé sur l'organisation du "segment sol" de ces programmes. Créer un grand centre européen (à Darmstadt puisque le traitement Météosat y était déjà installé) risquait de concurrencer les services météorologiques ayant déjà développé des activités de traitement de données satellitaires : Royaume-Uni et France principalement. Les états membres d'EUMETSAT ont préféré construire un réseau de centres doublement décentralisé, par thèmes et par état membre . Ainsi sont nés les centres d'applications satellitaires que sont les SAF (Satellite Application Facility). Les 7 thèmes actuellement retenus sont : la prévision immédiate, l'océan et les glaces de mer, la surveillance de l'ozone, la surface continentale, le climat, la prévision numérique et les techniques de radio-occultation. Ce découpage a été préféré à un découpage par instruments bien que dans la pratique certains SAFs soient plus spécialisés dans certains instruments (MSG pour le SAF Climat, EPS/METOP pour le SAF Ozone, IASI pour le SAF Prévision Numérique). Chaque thème est pris en compte par un ensemble de d'instituts de recherche ou d'exploitation européens (les partenaires) et coordonné par un service météorologique national (l'hôte du SAF).

Ainsi pour le SAF Ozone, le pays hôte est la Finlande (coordonnateur et interlocuteur direct d'EUMETSAT), la réalisation des produits est partagée entre

- les Pays-Bas (KNMI, colonne d'ozone GOME-2 en temps réel, profil d'ozone, aérosols),
- l'Allemagne (DLR, colonnes d'ozone et de gaz traces)
- la France (Météo-France, colonnes d'ozone en temps réel à partir de TOVS/HIRS et de MSG),
- le Danemark (DMI, indice UV ciel clair en temps réel),
- la Finlande (FMI, indice UV avec nébulosité), la Belgique (IRM, validation des profils verticaux d'ozone),
- l'Allemagne (DWD, validation des profils par lidar)
- et la Grèce (U. Thessaloniki, validation des colonnes d'ozone).

Dans chacun de ces instituts aura lieu la production opérationnelle des produits EUMETSAT à compter de la recette technique des segments spatiaux de MSG et EPS. Certains produits satellitaires (comme les vents de déplacement) pourront continuer à être fabriqués à Darmstadt.

CORINE land cover

CORINE land cover est un inventaire homogène de l'occupation du sol en Europe caractérisé par des choix techniques spécifiques : une méthodologie de photo-interprétation d'images satellitaires assistée par ordinateur, une échelle de travail au 1:100 000, un seuil minimal des unités cartographiées de 25 hectares et une nomenclature en 3 niveaux et 44 postes. Cet inventaire est une base de données géographiques produite, gérée et utilisée à l'aide de systèmes d'informations géographiques (SIG).

Sources de données (données utilisées et alternatives envisageables le cas échéant)

Source principale: l'imagerie satellitaire multi-spectrale haute résolution (SPOT XS et Landsat TM/ETM+)

Les alternatives techniques (ortho-photographies principalement mais aussi photographies aériennes) existent partiellement. Elles sont cependant incompatibles avec les délais et moyens allouables à de telles réalisations et leurs caractéristiques et disponibilités variables d'un état à l'autre en limitent d'autant plus l'usage. Leur utilisation partielle est malgré tout incontournable pour lever des ambiguïtés dans la reconnaissance de certains types d'occupation du sol.

Méthode

La donnée spatiale est incontournable aux échelles et précisions demandées pour CORINE land cover. Elle apporte nature, localisation et délimitation des objets géographiques que sont les zones d'occupation du sol homogène décrits par CLC.

Problèmes rencontrés, Propositions d'évolution

Les problèmes rencontrés se situent à deux niveaux :

- Prix et disponibilité des images satellitaires (besoin d'images de la partie visible du spectre, sans nuages)
- Nécessité de compléter l'imagerie satellitaire par la photographie aérienne (Certains postes de la nomenclature, ne pouvant être identifiés uniquement sur l'image, nécessitent de recourir à la photographie aérienne, voire de l'ortho-photographie ou encore de l'imagerie très haute résolution)
- Le temps de production «manuel» long, à comparer à des méthodes automatiques qui n'apportent actuellement aucune réponse valable de ce point de vue

Les évolutions envisageables :

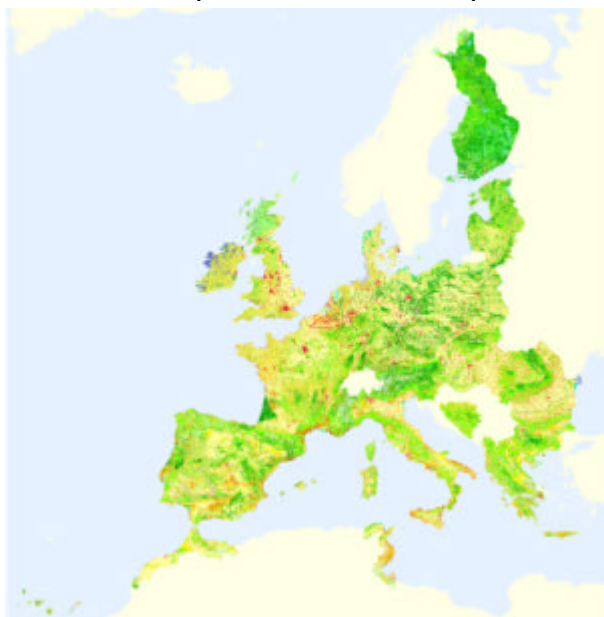
- Augmentation de la fréquence de mise à jour
- Fabrication combinée avec d'autres produits dans l'objectif de réaliser des économies d'échelle et des produits compatibles.

Références

Actuellement, plus de 100 demandes annuelles et externes sont adressées à l'Agence et au Centre Thématique. CLC est la base de données la plus demandée par le public via le Centre d'Information de l'A.E.E., qui considère par ailleurs que le travail accompli à ce jour et le développement de l'intérêt et des besoins sont une bonne base pour justifier la continuité de l'investissement des ressources de l'Agence dans la coordination, le support et l'utilisation de la base de données CLC

L'utilisation de CORINE land cover démontre donc l'utilité d'un tel inventaire. 300 références en France dans de nombreux domaines de la recherche, du secteur public ou privé positionne

L'occupation du sol en Europe



Source : Agence Européenne pour l'Environnement
CORINE land cover - 2000

CLC comme un référentiel de fait.

3. Les acteurs

Les agences spatiales conduisent des investigations approfondies en matière de besoins et ont été souvent un catalyseur de la structuration de la demande. Leurs filiales commerciales se sont interrogées sur le marketing des données spatiales et ont donc légitimement cherché, soit à stimuler la demande par des approches promotionnelles, soit à adapter l'offre. Le marché de l'observation de la terre est encore largement financé sur des fonds publics, et cette situation semble devoir se poursuivre dans l'avenir à moyen terme. Les agences spatiales ont identifié la croissance des besoins publics d'information en matière de défense et d'environnement et souhaitent investir ces secteurs.

Le principe « d'impliquer les utilisateurs » est généralement admis par une majorité d'acteurs. Les « fournisseurs » font des efforts réels pour adapter leurs produits à la demande. Pourtant, malgré les efforts de dialogue, on constate qu'il n'y a pas toujours eu de réelle entente sur les questions à poser et a fortiori sur les réponses à apporter. L'une des raisons est peut-être que les circuits d'échanges et de concertation n'ont pas toujours mis en présence les « bons » interlocuteurs. Le jeu des acteurs est en fait assez complexe, et ne se réduit pas à un face-à-face entre deux communautés, celle des fournisseurs et celle des utilisateurs. Il a donc paru utile de tenter d'affiner l'approche généralement grossière que l'on a de la communauté des utilisateurs.

3.1. Typologie des acteurs.

A cette fin, une typologie des utilisateurs a été établie. Celle-ci est présentée dans le tableau I. Le secteur de l'offre n'y est pas représenté (agences spatiales, industriels, fournisseurs de systèmes). Pour des raisons de lisibilité ne figurent pas non plus certaines catégories d'utilisateurs jouant par ailleurs un rôle essentiel en matière d'information environnementale : l'éducation ; les ONG ; certaines entreprises ; l'INSEE ; le « public ».

Les utilisateurs ont été classés en différents ensembles, décrits dans la colonne 1 par leurs spécificités fonctionnelles ou institutionnelles.

Le positionnement de ces groupes par rapport au spatial a été caractérisé par différents critères. Ce tableau et les notations qu'il propose sont discutables. Son objet n'est pas de fournir une description exhaustive et exacte, mais de mettre en évidence quelques grandes familles homogènes, à des fins d'analyse.

Rapport du groupe de réflexion « environnement et applications de l'espace »

Description des utilisateurs	Exemples	1 Compétence technique / spatial	2 UF : Utilisateur final d'information spatialisée environnementale UI : utilisateur de données intermédiaires	3 OE : maître d'œuvre OU : maître d'ouvrage AU : autre	4 Légitimité à exprimer des besoins en information environneme ntale	5 Capacité technique à spécifier les produits corresponda nts	6 Réactivité : techniques spatiales	7 Degré d'influence et dialogue avec les acteurs du spatial	8 Positionnement chaîne de production 1 : données brutes 2 : données élaborées 3 : produits d'information diffusés	9 Idem 8, données non satellitales 1 : données brutes 2 : données élaborées 3 : produits d'information diffusés	10 Niveau utilisation produits issus du spatial
Organismes de recherche intervenant dans l'observation de la terre	BRGM , CIRAD, CNRM, CEMAGREF, CNRS, IFREMER, INRA, IRD	+++	UF, UI	OE (OU)	+++	+++	+++	++	1,2	1,2	3
Organismes ayant une mission de service public en matière d'informations environnementales ou de bases de données	INRA (sols), BRGM (sous-sols), IFEN, INSU, CEMAGREF (avalanches), IFREMER, ONF, Museum, SHOM, IFN	+	UI	OE (OU)	+++	+++	+	++	2,3	1,2,3	2-
Organisme public ayant une mission de gestion de l'espace ou un fort impact en terme d'environnement et d'aménagement du territoire	ONF, Conservatoire du littoral, ATEN, ADEME, parcs naturels	+	UI	OU	+++	++	+	+	NR	2,3	2
Gestionnaires de réseaux et d'infrastructures	EDF, SNCF, RFF, VNF, VIVENDI, autoroutes, aéroports	+	UF	OE	+++	+++	+	+	NR	2	1
Producteurs de référentiels géographiques	IGN, ISTAR, SHOM	+++	UI	AU	++(+)	+++	+++	+++	2,3	1,2,3	3
Administrations centrales	METL, MATE, MAP	+	UF	OU	+++	+	+	+	NR	3	1
Services déconcentrés et structures rattachées	DIREN, Agences de l'eau, DDE et DDA (risques)	+	UF	OU	+++	+++	+	+	NR	3	1
Organisme national météorologique	METEO FRANCE	+++	UF, UI	OE OU	+++	+++	+++	+++	2,3	1,2,3	3
Collectivités territoriales		+	UF	OU	+++	++	+	+	NR	1,2,3	2
Services techniques ou organismes de l'Etat intervenant comme bureau d'étude en matière d'aménagement de l'espace	CERTU, CETE, BRGM, IFREMER, (CETMEF)	++	UI	OE	++	+++	++	+	2,3	2,3	2
Bureaux d'étude privés intervenant en matière d'aménagement de l'espace, ou Services d'aménagements régional	BCEOM, SOGREAH, BRL, CNR...	++	UF UI	OE OU	++	+++	+	+	2,3	2	2
Sociétés de service de l'information géographique et environnementale spécialisées applications, non spécialisés dans les données spatiales	ITI , OTH	++	UI	OE	+	+++	++	+	2	2	2
Sociétés de service de l'information géographique et environnementale spécialistes du spatial	GEOSYS, SCOT, ISTAR, SIRS	+++	NR	AU	+	+	+++	+++	2,3	NR	3

Tableau I : Typologie des utilisateurs

3.2. Rôle des acteurs dans l'expression des besoins et des spécifications des données spatiales

L'analyse des acteurs et de leurs fonctions permet d'identifier cinq groupes.

- Les milieux scientifiques et de la recherche forment dans le paysage une espèce à part. En effet, ils s'adaptent très rapidement aux systèmes, ils sont réactifs vis-à-vis des innovations et savent utiliser et filtrer ce qui les intéresse, sans la contrainte d'une spécification d'utilisateur extérieur, et sur des bases non nécessairement généralisables. Ils ont la compétence nécessaire pour exploiter les données et spécifier leurs besoins. sont de plus bien souvent à l'origine du développement d'applications. Ils sont généralement proches de la communauté spatiale.
- Plusieurs familles d'organismes se caractérisent par une forte légitimité à exprimer des besoins en information environnementale, mais par un degré d'influence ou de dialogue avec les acteurs du spatial considéré comme faible.
- Un ensemble important comprend des sociétés de service ou autres organismes techniques, qui maîtrisent la manipulation de la donnée environnementale (et souvent spatiale), et interviennent pour le compte de l'Etat. Ils ont la connaissance des besoins, la compétence pour spécifier les produits, mais n'en ont pas la légitimité qui revient aux donneurs d'ordre qui sont, eux, plus faibles sur le plan technique. Ces « intermédiaires » se subdivisent eux-mêmes en sous-ensembles d'acteurs plus ou moins compétents en matière spatiale et plus ou moins proches de tel ou tel domaine thématique. Cette catégorie est souvent ignorée alors qu'elle est susceptible de jouer un rôle technique très important dans le dialogue entre les communautés spatiales et environnementales. En fait, le point de vue des utilisateurs d'informations environnementales ne peut être traduit et compris que s'il se construit en associant non seulement les utilisateurs finaux mais aussi, et surtout dès lors qu'un besoin particulier est identifié, ce type d'intermédiaires.
- A l'exception de METEO France, ou d'organismes de recherche et de production de référentiels comme l'IGN, les utilisateurs les plus proches de la communauté spatiale ne sont pas les plus légitimes ou les plus compétents pour s'exprimer sur les besoins environnementaux.
- Hors de la sphère recherche, les interlocuteurs actuels de la filière de l'observation de la terre à partir de l'espace sont plutôt, d'une part, des industriels de la géomatique (éditeurs de logiciels, éditeurs de référentiels) et, d'autre part, des sociétés de service et bureaux d'étude, mais plus rarement des utilisateurs finaux.

3.3. Les causes de l'imperfection du dialogue.

En conclusion, le tableau met en évidence le caractère non optimal des relations entre la communauté spatiale et différents groupes d'acteurs : ceux qui sont « légitimes » pour exprimer les besoins ; ceux qui ont la compétence pour les spécifier en termes d'informations environnementales ; ceux qui ont la compétence pour identifier la réponse technique éventuelle du spatial.

L'imperfection de ces relations peut avoir plusieurs causes sur lesquelles pourraient porter des mesures correctives :

- La faible représentation ou structuration d'une partie de la communauté des utilisateurs, qui ne permet pas à la filière spatiale de disposer d'interlocuteurs sur de nombreux aspects de la demande ;
- La difficulté technique de croiser des besoins environnementaux parfois insuffisamment explicités et des critères techniques qui relèvent d'une approche totalement différente ;
- L'absence d'un dialogue organisé entre les différents groupes d'acteurs.

Les recommandations exposées au chapitre 4 visent à traiter ces différents points.

4. Les conclusions et recommandations

Les recommandations du groupe de travail s'articulent autour des quatre axes suivants :

- appuyer la structuration de la communauté des utilisateurs ;
- favoriser l'expression de la demande et sa formulation en termes techniques ;
- organiser le dialogue entre utilisateurs et fournisseurs ;
- veiller à l'insertion des efforts français dans la démarche européenne.

4.1. Appuyer la structuration de la communauté des utilisateurs.

Cette première recommandation vise à remédier aux insuffisances résultant de la dispersion voire de l'absence d'interlocuteur face aux acteurs spatiaux. Cette structuration doit reposer sur une bonne analyse de la composition de la communauté des utilisateurs. Elle doit associer les utilisateurs finaux, caractérisés par une forte légitimité à exprimer les besoins en information environnementale, ainsi que les intermédiaires techniques, qui maîtrisent la transformation des données spatiales en information environnementale, et dont le rôle important a été souligné au chapitre 3. Cette structuration est a priori nécessaire pour améliorer la qualité du dialogue avec les acteurs du spatial. Elle pourrait s'envisager de façon souple, en associant certaines fédérations professionnelles du secteur de l'information géographique. Il s'agirait par exemple de s'accorder sur l'organisation de rencontres épisodiques, qui pourraient se tenir à l'occasion de l'une ou l'autre des manifestations annuelles réunissant les acteurs concernés. Ce point pourrait être mis en débat lors d'une prochaine de ces manifestations.

4.2. Favoriser l'expression de la demande et sa formulation en termes techniques.

La formulation de la politique de l'information environnementale et l'explicitation des besoins correspondants sont des facteurs concourant à la qualité du dialogue, car ils sont susceptibles d'être utilisés par la filière spatiale comme une base de travail. L'expression de la demande pourrait être examinée en priorité pour les produits d'information satisfaisant au mieux à la mise en oeuvre des textes réglementaires, nationaux ou communautaires. Sont notamment visées les politiques sur les espaces naturels (schémas de service, Natura 2000), sur les risques, sur l'aménagement, sur l'eau (directive cadre) ; les stratégies communautaires (stratégie de développement durable, programme d'action environnementale) ; les opérations de collectes d'information coordonnées par l'AEE auxquelles la France participe. Il conviendrait qu'un tel travail soit conduit d'emblée à un niveau européen, dans le cadre de GMES, et que la France intervienne dans ce sens.

4.3. Organiser le dialogue entre utilisateurs et fournisseurs.

Deux propositions sont formulées pour mieux organiser le dialogue entre utilisateurs d'informations environnementales et fournisseurs de données spatiales :

- On observe, au niveau politique, une prise de conscience croissante du problème de l'information environnementale. L'amélioration du dispositif national d'information environnementale, qui pourrait faire suite à la mission sur les observatoires, pourrait se traduire par la création de nouvelles instances nationales. (On évoque en particulier un conseil national de l'information environnementale). Dans ce cas, il conviendrait d'associer la filière spatiale aux travaux de ces instances. Il s'agirait notamment de rapprocher dans un même groupe les acteurs du spatial, les « utilisateurs », les « intermédiaires » identifiés au chapitre 3, d'autres instances comme le CNIG (Conseil national de l'information géographique) et AFIGEO (Association française pour l'information géographique). Il s'agirait de viser des objectifs réellement opérationnels de production de méthodes et de recommandations. Toutes ces questions étant également étudiées à un niveau européen dans différents cadres (AEE, GMES, E-ESDI etc...), il importe également que ce lieu permette, sur une base assez ouverte, le suivi, les échanges et la préparation des questions européennes.
- Il est également recommandé d'établir un accord cadre entre le MATE et le CNES, définissant les modalités d'une collaboration à moyen terme. Il permettrait, d'une part, au CNES de mieux intégrer dans sa stratégie la politique environnementale nationale et, d'autre part, au MATE de mieux prendre en compte les possibilités offertes par les techniques spatiales dans le domaine de l'environnement.

4.4. Veiller à l'insertion des efforts français dans la démarche européenne.

D'une façon générale le groupe considère que la problématique de l'information environnementale et de l'apport des technologies spatiales ne peut être envisagée dans un cadre strictement hexagonal et qu'il importe de positionner toute initiative française et l'ensemble de la démarche dans une vision européenne. Le programme GMES, lancé par la Commission européenne et l'ASE, est une opportunité dans laquelle il convient de s'inscrire, en veillant à ce que les besoins environnementaux y soient bien exprimés et pris en compte et que le dialogue avec les utilisateurs soit organisé de façon effective. Les recommandations faites ci-dessus doivent être comprises comme une contribution à une démarche d'ensemble au niveau européen.

Annexe 1 : Mandat du groupe**Mandat du groupe conjoint
“ Environnement et applications de l'espace ”**

Le Ministère de la recherche (Direction de la technologie) et le MATE (D4E/SRP) souhaitent conduire en commun une réflexion sur la prise en compte des besoins des acteurs de l'environnement dans la conception et la mise en œuvre des programmes spatiaux, notamment européens. À cet effet ils procèdent à la mise en place d'un groupe de travail conjoint “ Environnement et applications de l'espace ” dont le mandat est défini par la présente note.

1. Contexte

L'information est un élément clé de l'action des acteurs de l'environnement, qu'ils interviennent au niveau de la définition des politiques publiques ou à celui de l'action opérationnelle de terrain. L'IFEN est au cœur du dispositif français de collecte, de mise en forme et de diffusion de cette information. Des efforts d'optimisation et d'amélioration du système existant sont en cours avec, notamment, la mission de l'Inspection générale de l'environnement (IGE) sur les observatoires. Le Groupe national thématique (GTN) Environnement, qui élabore des propositions françaises pour le 6^{ème} PCRD (Programme cadre de recherche et développement) de l'Union européenne, a identifié les “ systèmes d'information sur l'environnement ” comme un axe spécifique que la recherche européenne devrait prendre en compte.

De nombreux réseaux de mesures existent d'ores et déjà dans des domaines comme l'eau, l'air, la biodiversité, les risques.

L'information sur l'environnement est apparue très tôt comme un champ d'application possible des techniques spatiales. Les satellites fournissent en effet des observations complémentaires de celles issues d'autres techniques. Les données spatiales proposent des vues synoptiques, bidimensionnelles et tridimensionnelles, de la terre et des océans, et peuvent, selon leurs caractéristiques techniques, mettre en évidence des phénomènes environnementaux particuliers, y compris sur des régions peu accessibles. Elles peuvent aussi, dans certains cas, présenter des avantages en termes de délais d'acquisition et de coûts.

Des investissements lourds ont été consentis pour les systèmes spatiaux à vocation environnementale. De nouvelles initiatives émergent, comme par exemple, au niveau européen, le concept GMES (Global Monitoring for Environment and Security), qui s'intéresse notamment à l'utilisation des outils spatiaux pour l'environnement. Il apparaît toutefois que, malgré les enquêtes utilisateurs conduites par les promoteurs du spatial, les besoins des acteurs de l'environnement n'aient pas été au cœur des prises de décision. Le sentiment est que le système a été tiré par une logique industrielle et technologique plutôt que par la demande environnementale. Une meilleure prise en compte des besoins des utilisateurs devrait faciliter l'utilisation des outils spatiaux comme une source de données parmi d'autres alimentant les systèmes d'information sur l'environnement.

Dans ce contexte, le Ministère de la recherche (Direction de la technologie) et le MATE (Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale) ont décidé de mettre en place un groupe de réflexion sur le thème des applications de l'espace et de l'environnement, dont l'objectif général serait de veiller à une meilleure prise en compte des besoins des acteurs de l'environnement dans la conception et la mise en œuvre des programmes spatiaux, notamment européens.

2. Objectifs du groupe

Le groupe de travail aura deux objectifs.

2.1. Préciser les besoins auxquels pourraient répondre les techniques spatiales dans le champ de l'environnement, en particulier en matière de systèmes d'information sur l'environnement

Le champ couvert comprend les thématiques suivantes :

- Les questions d'environnement global associées aux accords internationaux : changement climatique, biodiversité, désertification, eau ;
- La gestion des ressources naturelles ;
- Le suivi des milieux, notamment l'eau ;
- Les pollutions, les risques naturels et technologiques ;
- L'impact des infrastructures sur le milieu.

Sont exclus du champ de l'étude les thèmes liés directement à la gestion des crises (sécurité civile), à la sécurité entre les peuples, à la définition des infrastructures, aux transports.

Pour chacun des thèmes, le groupe identifiera les besoins en informations et précisera son point de vue sur l'apport possible des techniques spatiales. L'objectif recherché ne sera pas d'effectuer un recensement exhaustif et d'une grande précision technique des besoins. Le groupe cherchera plutôt, à partir des éléments disponibles et d'exemples, à illustrer concrètement les différents aspects de la demande actuelle et prévisible et s'interrogera sur la pertinence et l'adéquation des réponses apportées ou proposées par les techniques spatiales.

2.2. Préciser les modalités permettant d'assurer un pilotage des programmes spatiaux par la demande : application à GMES.

Le groupe s'interrogera sur le rôle des utilisateurs dans les programmes spatiaux, de leur conception à leur évaluation : quels acteurs doivent intervenir ? À quel niveau, dans quelles enceintes ? A cet effet le groupe pourra proposer des solutions pour organiser le dialogue, sur un plan institutionnel, entre les utilisateurs et la communauté spatiale.

Le groupe pourra également formuler un point de vue sur l'organisation de la diffusion des données spatiales, de leur acquisition à leur utilisation.

Son analyse permettra notamment d'enrichir la réflexion sur la démarche GMES.

3. Modalités de travail

Le groupe sera piloté conjointement par le Ministère de la recherche (Monsieur Michel LEBLANC, DTA4) et le MATE (Monsieur Bertrand GALTIER, D4E/SRP). Il comprendra des représentants de la Direction de la Technologie du Ministère de la Recherche, des différentes directions du MATE, de l'IFEN, ainsi que des personnes ressources d'organismes tels que CEMAGREF, BRGM, IFREMER, INSU, Météo France, et d'autres personnes qu'il jugera utile d'associer. Il fera également appel, sur des sujets précis qu'il aura identifiés, à d'autres compétences issues notamment de structures proches du terrain (sociétés d'aménagement, parcs naturels, CETE etc...).

Il remettra une note d'étape en juin 2001 et ses conclusions à l'automne 2001.

Le Directeur de la technologie

Alain COSTES

**Le Directeur des études
économiques et de l'évaluation
environnementale**

Dominique BUREAU

Annexe 2 : Composition du groupe

Bertrand GALTIER	MATE/D4E	Coprésident du groupe
Michel LEBLANC	MR/DT	Coprésident du groupe
Jean-Louis DUCLUSAUD	Comité 21	Rapporteur du groupe
Fabienne ALLAG-DHUISME	MATE/DNP	
Francis BERTRAND	IFEN	
Loïc BEROUD	MATE/DPPR	
Claude BOUCHER	MR/DT	
Claude ECOBICHON	MATE/DGAFAI	
Pierrick GIVONE	CEMAGREF	
Francis GOHIN	IFREMER	
Régis JUVANON-du-VACHAT	METEO-France	
Christine KING	BRGM	
Gilles SOMMERIA	MR/DT	
Daniel VIDAL-MADJAR	CNRS/INSU	
Caroline WITTNER	BRGM	

Annexe 3 : Les initiatives européennes GMES (Global Monitoring for Environment and Security) et E-ESDI (European Environmental Spatial Data Infrastructure)

Au niveau européen deux initiatives méritent une attention particulière :

Le programme GMES (Global Monitoring for Environment and Security) a pour ambition de fédérer, au niveau européen, des initiatives visant un meilleur usage des outils d'information géographique et d'observation de la terre pour l'environnement et la sécurité. L'initiative est pilotée par la Commission européenne et l'Agence spatiale européenne. Elle a donné lieu à des discussions parfois difficiles entre les représentants de la filière spatiale et les utilisateurs publics, ces derniers craignant que le programme ne réponde avant tout à une démarche purement technologique et industrielle. Un terrain d'entente serait que, pendant sa phase préliminaire de trois ans, GMES se concentre sur quelques besoins explicitement identifiés dans les politiques environnementales européennes (directive sur l'eau, 6^{ème} programme d'action pour l'environnement, stratégie de développement durable, Natura 2000...).

E-ESDI : La principale justification de cette initiative est l'incohérence des données géographiques à vocation environnementale issues des différents Etats membres. Il en résulte de très grandes difficultés à agréger ces données voire à les exploiter à un niveau européen. Or, la disponibilité de telles données au niveau européen est indispensable à la mise en œuvre de certaines politiques. Elle est en outre explicitement prévue par certains textes réglementaires, comme la directive sur l'eau (selon laquelle les Etats membres doivent remettre à la Commission d'ici 2004, la cartographie des bassins versants en format numérique).

Pour traiter le problème de l'incompatibilité des données géographiques, différentes solutions ont été envisagées :

- Établir des bases de données au niveau européen, ce qui a été fait pour Corine Land Cover, pour les limites administratives, ou pour Natura 2000. (Dans ce dernier cas, la DG Environnement estime que le support papier et l'hétérogénéité des spécifications rendent le produit pratiquement inexploitable).
- Mettre en place des « mesures douces » : groupes de travail, organes de coordination ou d'harmonisation, échanges de bonnes pratiques.

Constatant l'insuffisance de ces mesures, la Commission propose de mettre en place une législation communautaire sur l'information géographique environnementale : c'est l'objet de l'initiative E-ESDI.

Le principe d'une action communautaire sur la mise en cohérence de l'information géographique environnementale semble devoir être soutenu car il répond aux besoins de mettre en œuvre différentes politiques européennes en matière d'environnement. Ce sujet avait en outre été identifié par le « Groupe thématique national environnement » comme un point d'application possible du 6^{ème} PCRD.

Annexe 4 : Fiches thématiques

Liste des fiches thématiques

Fiche 1 : Altimétrie spatiale et océanographie opérationnelle

Fiche 2 : Observation spatiale et spectres de houle

Fiche 3 : Observations spatiales et état hydrique régional

Fiche 4 : Caractérisation de la vulnérabilité, des aléas et des risques des eaux souterraines

Fiche 5 : Utilisation des spatiales pour les mouvements de terrain et la stabilité des sols

Fiche 6 : Suivi de l'évolution des prairies

Fiche 7 : Suivi de l'Eutrophisation des Eaux Côtières

Fiche 8 : Observation des espèces toxiques du phytoplancton

Fiche 9 : Evolution de la production primaire globale des océans

Fiche 10 : De METEOSAT à EUMETSAT : l'organisation météorologique spatiale

Fiche 11 : Un exemple d'utilisation de données spatiales pour les espaces naturels protégés : le programme Park View

FICHE 1 : ALTIMETRIE SPATIALE ET OCEANOGRAPHIE OPERATIONNELLE**ENJEUX ET PRODUITS**

Les travaux de recherche menés au cours de ces 20 dernières années, tant sur la connaissance expérimentale de la circulation océanique que sur sa modélisation, permettent aujourd'hui d'envisager de passer, comme pour la prévision du temps, à un système opérationnel. L'objectif est de fournir une prévision de la circulation océanique globale à une échelle d'espace qui puisse aider les communautés concernées (Marine Nationale, pêcheurs, transport maritime) à prendre des décisions sur la gestion de leur moyens. Pour fonctionner un tel système a besoin d'un modèle de simulation de la circulation et de données permettant de le réinitialiser à intervalles réguliers. Ces données sur l'état réel de l'océan peuvent provenir soit de mesures *in situ*, comme celles qui sont produites par des bouées dérivantes, soit de mesures spatiales.

C'est en France le projet **Mercator**, mené en commun par plusieurs établissements publics et services de ministères (Météo-France, SHOM, CNES, Ifremer, IRD, CNRS/INSU), qui a pour mission le développement de l'océanographie opérationnelle. Il devrait être en ordre de marche à l'horizon 2003/2004.

SOURCES DE DONNEES

Les données permettant de connaître l'état réel de l'océan seront fournies par deux filières. La première, celle des mesures *in situ*, s'appuiera sur des flotteurs dérivant, de bateaux d'opportunité ou de mouillages à poste fixe, permettant ainsi d'accéder à intervalles réguliers au profils de courant, de température et de salinité le long d'une verticale. Ce système reste à mettre sur pied. Il ne peut être réalisé qu'à l'échelon international. La contribution de la France porte le nom de code de Coriolis.

La deuxième est la mesure à partir de l'espace de divers paramètres de surface comme la température, fournie par les satellites opérationnels de météorologie, les vents de surface, provenant de capteurs radar appelés diffusomètres vent, qui n'ont pas réellement aujourd'hui une dimension opérationnelle et de la mesure de la topographie de l'océan grâce à l'altimétrie spatiale.

La première mission d'altimétrie permettant cette utilisation est la mission franco US Topex/Poséidon, lancée en 92 et toujours en vie. Elle sera suivie dès cette année par la mission pré opérationnelle Jason 1. Des négociations sont en cours pour pérenniser la filière au travers d'Eumetsat. Si tout se passe comme prévu, Jason 2 devrait être lancée quatre ans après Jason 1.

METHODE D'UTILISATION DES DONNEES

La méthode d'utilisation consiste à « assimiler » les données spatiales et *in situ*. Il s'agit d'algorithmes mathématiques sophistiqués qui permettent de tenir compte des données de façon optimale, en fonction de leurs natures et de leurs incertitudes. La figure 1 donne un schéma de principe de la démarche.

Rapport du groupe de réflexion « environnement et applications de l'espace »

Les produits de sortie, dont un exemple est donné sur la figure 2, sont des cartes à trois dimensions de divers paramètres physiques et dynamiques comme les courants, la température et la salinité de l'eau.

COMMENTAIRES

Cette application de la mesure à partir de l'espace a son origine dans la communauté scientifique qui au début des années 80 souhaitait pouvoir disposer de la topographie des océans pour mieux en comprendre le fonctionnement. Avec les progrès réalisés dans cette connaissance, il est devenu progressivement clair qu'il était possible de passer à un système de prévision.

En dehors de la recherche, l'utilisateur le plus concerné est la Marine Nationale. Elle participe, au travers de son établissement spécialisé le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine), à la mise en place de Mercator.

La principale difficulté rencontrée est l'absence d'un donneur d'ordre bien identifié, comme les services de météorologie. Le projet Mercator s'est donc construit autour de la bonne volonté des organismes partenaires. Cette situation, qui a fait ses preuves dans la phase actuelle de construction de l'outil pré opérationnel, ne conviendra plus dans la phase de maturité.

Figure 1 : schéma de principe de l'utilisation des données spatiales et *in situ* pour la prévision de la circulation océanique

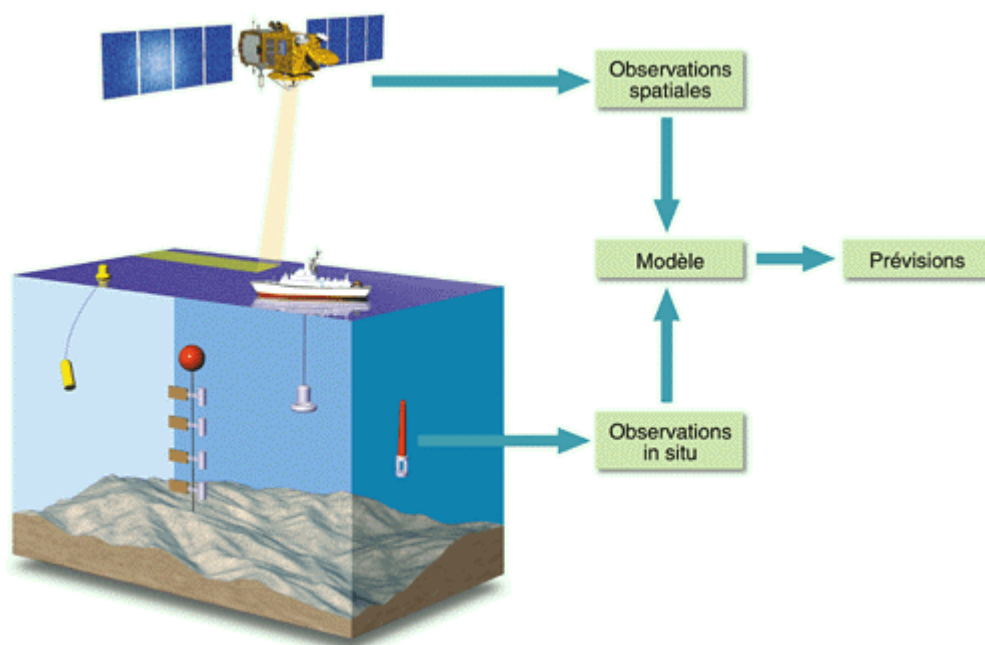
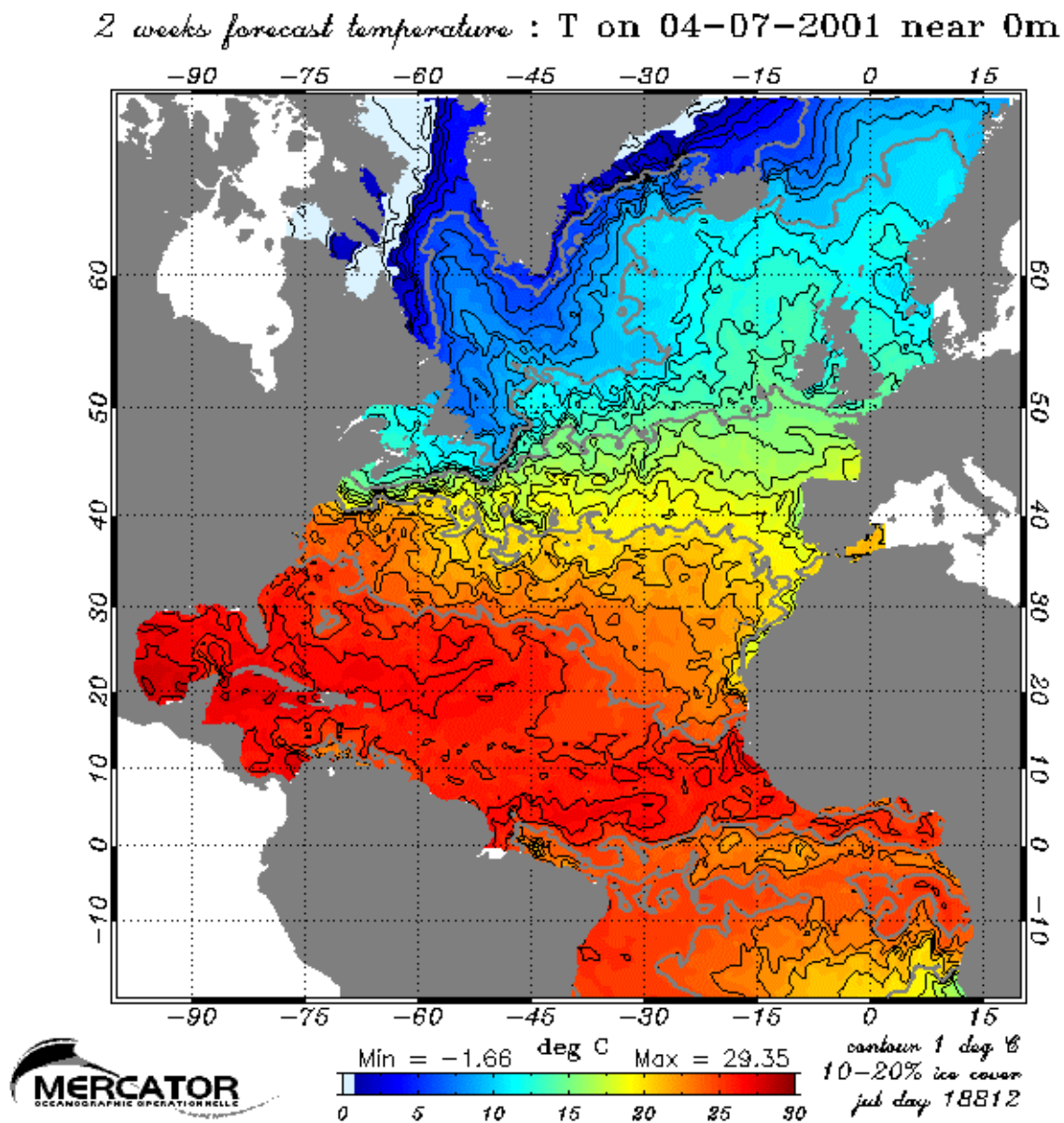


Figure 2 : exemple de sortie pré opérationnelle du système Mercator

FICHE 2 : OBSERVATION SPATIALE ET SPECTRE DE HOULE

ENJEUX ET PRODUITS

Avec le lancement de la mission US d'imagerie par radar à haute résolution SEASAT en 1978, il est devenu clair que ce type d'instrument pouvait fournir des spectres de houle au large. Compte tenu de l'importance de ce paramètre, du moins la communauté des chercheurs, de nombreux travaux se sont succédés afin de préparer le mode dit « vague » du satellite ERS de l'ASE. Très rapidement ces travaux ont montré que des effets physiques parasites rendaient aléatoire la mesure des champs de houle avec cette technique de radar à ouverture synthétique. Les déceptions des services de prévision de la houle vis à vis des capacités réelles de ces instruments les ont éloigné de l'utilisation des produits spatiaux. La communauté scientifique a néanmoins continué à travailler sur ces sujets selon deux directions :

- En s'appuyant sur ce qui existe, c'est à dire les radars imageurs à antenne synthétique (qui fournissent des informations sur les spectres de houle) et les altimètres (qui fournissent des informations sur la hauteur significatives des vagues), on est aujourd'hui capable de proposer des produits qui en s'appuyant fortement sur les modèles de prévision (comme information a priori) utilisent les données spatiales pour affiner ces prévisions. Un exemple de ce que l'on peut faire est donné sur la figure 1.
- Le défaut venant en fait des traitements de synthèse d'ouverture, un autre concept de capteur a vu le jour au début des années 90. Il s'agit d'utiliser un radar à antenne réelle et à haute résolution spatiale. Le principe de ce système est décrit sur la figure 2.

Avec le lancement d'Envisat dans quelques mois et de la composante radar imageur de Pleiade à moyen terme et ce nouveau concept qui pourrait voir le jour dans les années qui viennent, l'application « mesure des champs de houle » est arrivée à maturité, après plus de 20 ans de R et D, marqués par de nombreuses déconvenues.

SOURCES DE DONNEES

Pour les radars à antenne réelle, il s'agit d'utiliser les images en provenance des radars imageurs spatiaux du type ERS ou Radarsat. Certains comme les ERS ou Envisat ont un mode de fonctionnement dédié à cette application. Il existe de nombreux projets de radar spatiaux qui devraient assurer pour l'avenir la continuité de la filière. Ce posera certainement la question du partage des ressources avec les autres applications s'il n'existe plus de mode dédié.

Pour les radars à antenne réelle, aucune mission n'est pour l'instant programmée. Il existe de bons espoirs de voir le premier démonstrateur volé d'ici 5 à 10 ans dans le cadre des programmes de l'ASE.

METHODES

Les deux filières, antenne synthétique ou antenne réelle, ne sont pas comparables dans le système à mettre en place.

- Pour les radars à antennes synthétiques, on ne peut espérer se passer d'une part des modèles de prévision de la houle, ce qui suppose un lien très fort avec les services qui en sont chargés (en France il s'agit de Météo-France). Il est également nécessaire de se servir des données en provenance des altimètres spatiaux.
- Pour les radars à antennes réelles, le produit champs de houle est directement fourni par l'instrument. Cependant, à moins que l'on ne parte sur la mise en service d'une constellation de satellites dédiés, il faudra pour obtenir un produit global s'appuyer également sur les modèles de simulation pour assurer l'interpolation spatiale des mesures.

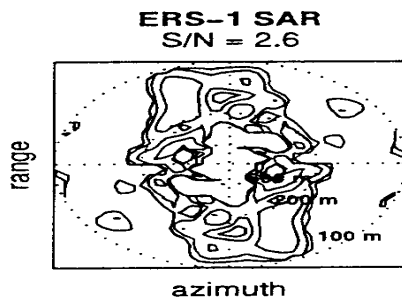
COMMENTAIRES

L'application « champs de houle » a certainement souffert d'un trop grand optimisme initiale de ses promoteurs et des agences spatiales en particulier. Les déceptions du début ont entraîné une désaffection des organismes potentiellement donneurs d'ordres (en France Météo-France). Il a fallu plus de dix ans pour remonter la pente grâce à des actions de R et D essentiellement développées par la communauté scientifique.

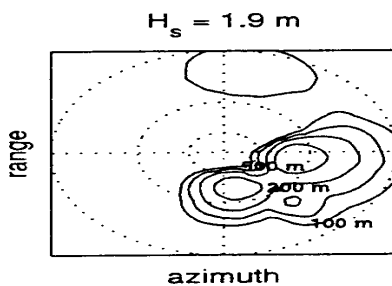
L'existence dans le cas de cette application d'organismes donneurs d'ordre qui participent maintenant activement aux programmes de R et D permet d'être optimiste sur la mise en place effective des systèmes spatiaux adéquats.

Figure 1 (D'après Mastenbroek et de Valk, 2000) :

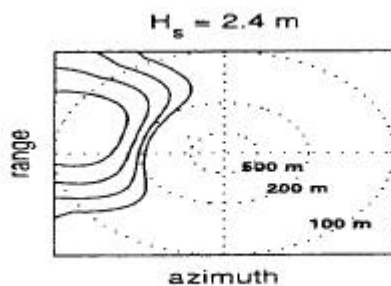
Cette figure illustre les difficultés liées aux algorithmes d'inversion: pour un même spectre d'image observé (figure de gauche), sont présentés les spectres de vagues inversés par deux méthodes différentes. La première (Hasselmann et Hasselmann, 1996) utilise une ébauche donnée par un modèle de prévision des vagues et une méthode quasi-linéaire d'inversion, la deuxième (Mastenbroek et de Valk, 2000) utilise l'information de vent donné par le diffusomètre de ERS pour éliminer la partie non-linéaire du spectre d'image et restituer la partie correspondant à la transformation linéaire. Les méthodes d'inversion sont ainsi sensiblement différentes, mais le modèle physique reliant spectres de vagues et spectres d'image est le même.



Exemple d'image SAR ERS1

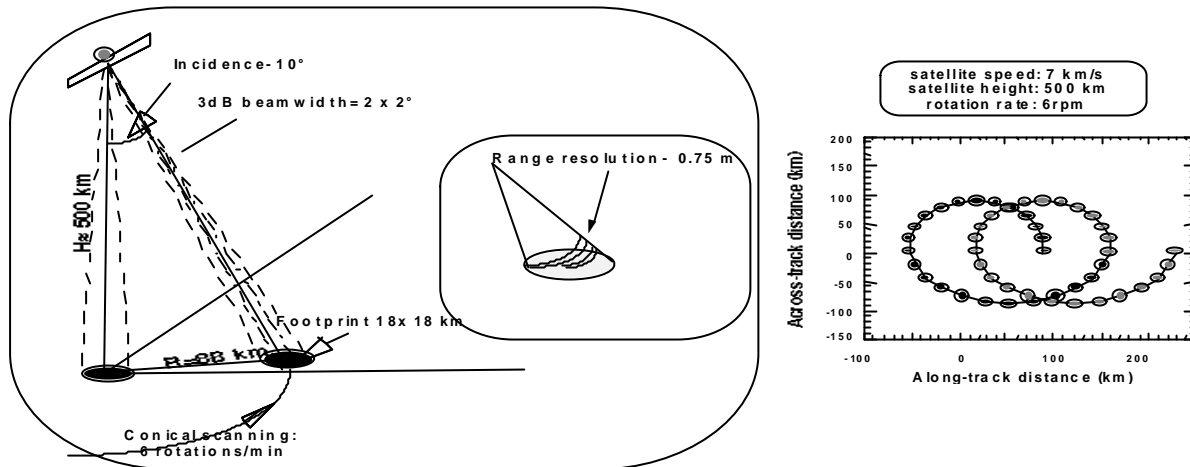


Spectre de vagues inversé de l'image de gauche et en utilisant l'algorithme de Hasselman et al (1996)



Spectre de vagues inversé l'image de gauche et en utilisant l'algorithme de Mastenbroek et de Valk (2000)

Figure 2 : principe de la mesure des champs de houle par radar tournant à antenne réelle, proposition de mission SWIMSAT



Géométrie d'observation de SWIMSAT: Figure de gauche: radar à double visée (verticale et 10° par rapport à la verticale); altitude, environ 500 km; rotation sur 360° du faisceau incliné.

Schéma de droite: région échantillonnée au sol au cours de l'avancée du satellite (le long de l'axe horizontal) et pour de 2 rotations successives du faisceau. Dans cette configuration, l'information sur l'état de la mer sera obtenu sur une zone caractéristique de 50 x 90 km.

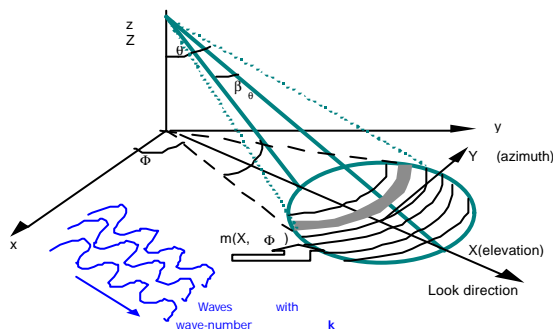


Schéma illustrant le principe de mesure des vagues par SWIMSAT:

Le faisceau radar incliné à 10° illumine une large tache au sol (environ 18 x 18 km). A l'intérieur de cette tache au sol, les variations du coefficient de rétrodiffusion radar le long de la direction de visée sont liées à la hauteur, à la longueur d'onde et à la direction de propagation des vagues. L'analyse de ces variations permet d'estimer le spectre de vagues dans la direction de visée. Le balayage du faisceau radar sur 360° permet d'échantillonner toutes les directions possibles de propagation des vagues et d'estimer ainsi le spectre directionnel complet des vagues.

FICHE 3 : OBSERVATIONS SPATIALES ET ETAT HYDRIQUE REGIONAL

ENJEUX ET PRODUITS

Le contenu en eau des sols agricoles joue un rôle important pour plusieurs activités : pilotage de l'irrigation, décision sur les dates de semis optimales, prévision des récoltes, prévision des écoulements de surfaces et des crues associées, gestion raisonnée des intrants agricoles, entre autres. Cependant, cette grandeur était jusqu'à ces dernières années difficilement accessible autrement que de façon artisanale à la parcelle. La raison principale en est sa grande hétérogénéité spatiale qui interdit toute interpolation à partir de mesures ponctuelles au champ. En effet les déterminants de l'état hydrique sont de plusieurs natures. Certains, comme le forçage climatique, hors précipitations, peuvent être considérés comme ayant une signification régionale, mais d'autre, comme les précipitations, les propriétés hydrodynamiques des sols ou la nature de la végétation, sont des grandeurs qui ne peuvent être définies que localement.

Cependant, et compte tenu de l'importance d'avoir accès à un minimum d'informations sur l'évolution annuelle de l'état hydrique régional des sols, les services de bioclimatologie ont très tôt proposé des indices fondés essentiellement sur le forçage climatique, applicables seulement à une végétation normalisée. Ces indices se sont vite révélés peut utiles pour la plupart des applications. L'apparition de l'observation de la Terre à partir de l'espace a permis de faire progresser les choses. L'utilisation combinée de modèles de fonctionnement de la végétation, du forçage atmosphérique (fourni par les mesures et les modèles météorologiques) et de l'observation dans le visible (identification de la végétation et suivi de son évolution annuelle), dans l'infrarouge thermique (bilan énergétique à la surface) et aux hyperfréquences (état hydrique de la surface des sols) a conduit à la définition d'indices d'état hydriques régionaux. Plusieurs expériences pilotes en ont démontré la pertinence ces dernières années. Il n'y a pas encore eu de réelle application opérationnelle.

Les figures 1 et 2 donnent des exemples de ces indices. Celui de la figure 1 représente l'état hydrique de la zone racinaire. La figure 2 montre l'indice applicable à la surface des sols.

SOURCES DE DONNEES

L'accès à des indices régionaux de l'état hydrique des sols exige que l'on ait un moyen de tenir compte de la très grande variabilité spatiale des déterminants de cette grandeur. Il n'y a donc pas vraiment d'alternative à la données d'observation de la Terre à partir de l'espace.

Les données nécessaires sont de plusieurs ordres :

- Le forçage atmosphérique, pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle et surtout pour connaître les précipitations, ces paramètres sont fournis par les services météorologiques

Rapport du groupe de réflexion « environnement et applications de l'espace »

- Des informations sur l'occupation du sol à une échelle pertinente pour tenir compte de l'hétérogénéité régionale, cette information est accessible par observation dans le visible (SPOT HRV et Végétation)
- Des informations sur l'état physiologique de la végétation (en particulier densité foliaire), pour y arriver il faut utiliser des connaissances *a priori* sur les pratiques agricoles locales, des dires d'experts et l'imagerie satellitale dans le visible et le proche infrarouge (SPOT HRV et Végétation)
- La température de la surface (sol et végétation), qui est fournie par les observations dans l'infrarouge thermique des satellites météorologiques opérationnels, il n'existe pas encore de mission réellement utilisable
- Des observations aux hyperfréquences, par radar imageur à haute résolution pour pouvoir tenir compte de l'hétérogénéité des états de surface (comme celles des missions ERS ou à venir d'Envisat)

METHODE

Il s'agit, comme pour bien des applications, de se servir des données décrites plus haut pour piloter de façon optimale un modèle de fonctionnement hydrique de l'ensemble formé par le sol et la végétation. Elle demande pour être mise en œuvre des efforts d'organisation analogue à ceux déployés dans le cadre des services météorologiques, ou de la future océanographie opérationnelle.

COMMENTAIRES

Cette application est le résultat d'activités de recherche poursuivi pour des raisons périphériques aux applications citées en introduction. En effet, il s'agissait au début de développer des méthodes d'évaluation de l'état hydrique des sols à l'échelle régionale, sachant que ce paramètre est indispensable à toute simulation réaliste de l'évolution climatique. L'idée de faire campagne pour l'appliquer à d'autres usages vient de la communauté scientifique. Cela entraîne des difficultés réelles pour convaincre les utilisateurs aval éventuels de la pertinence des indices. En effet, ils s'en sont passés jusqu'à maintenant et on en conséquence mis en œuvre d'autres méthodes qui leur permettent de répondre tant bien que mal aux demandes.

Une autre raison de la difficulté à faire adopter la démarche par les utilisateurs est qu'il n'y a toujours pas de mission spatiale optimale pour ces applications. Cela devrait changer rapidement avec la mise en service de la deuxième génération des satellites Météosat et le lancement dans quelques années d'une constellation de satellites embarquant des radars imageurs à haute résolution.

Figure 1 : indice d'état hydrique de la zone racinaire calculé à partir de l'observation dans le visible (identification et évolution de la végétation) et dans l'infrarouge thermique (bilan d'énergie au sol conduisant à l'indice d'état hydrique)

Figure 1-a : la végétation du bassin de l'Adour et son évolution annuelle

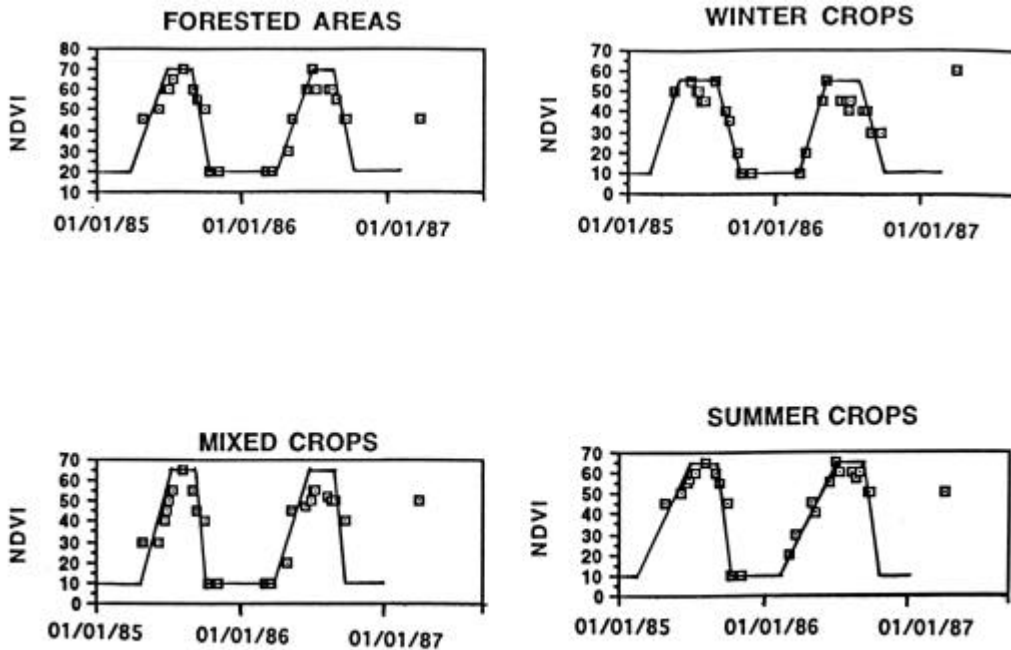


Fig. 6. Temporal variation of the NDVI for the different classes of vegetation.

Figure 1-b : évolution de l'état hydrique de la zone racinaire (run 1 calculé sans prise en compte de l'information satellitale, run 2 calculé après mise à jour par l'information satellitale, les dates des images utilisées sont marquées en abscisses)

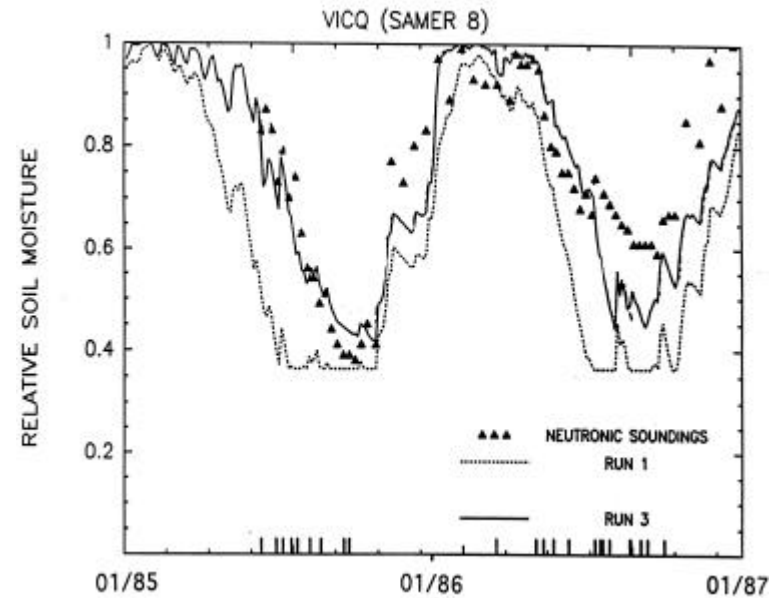
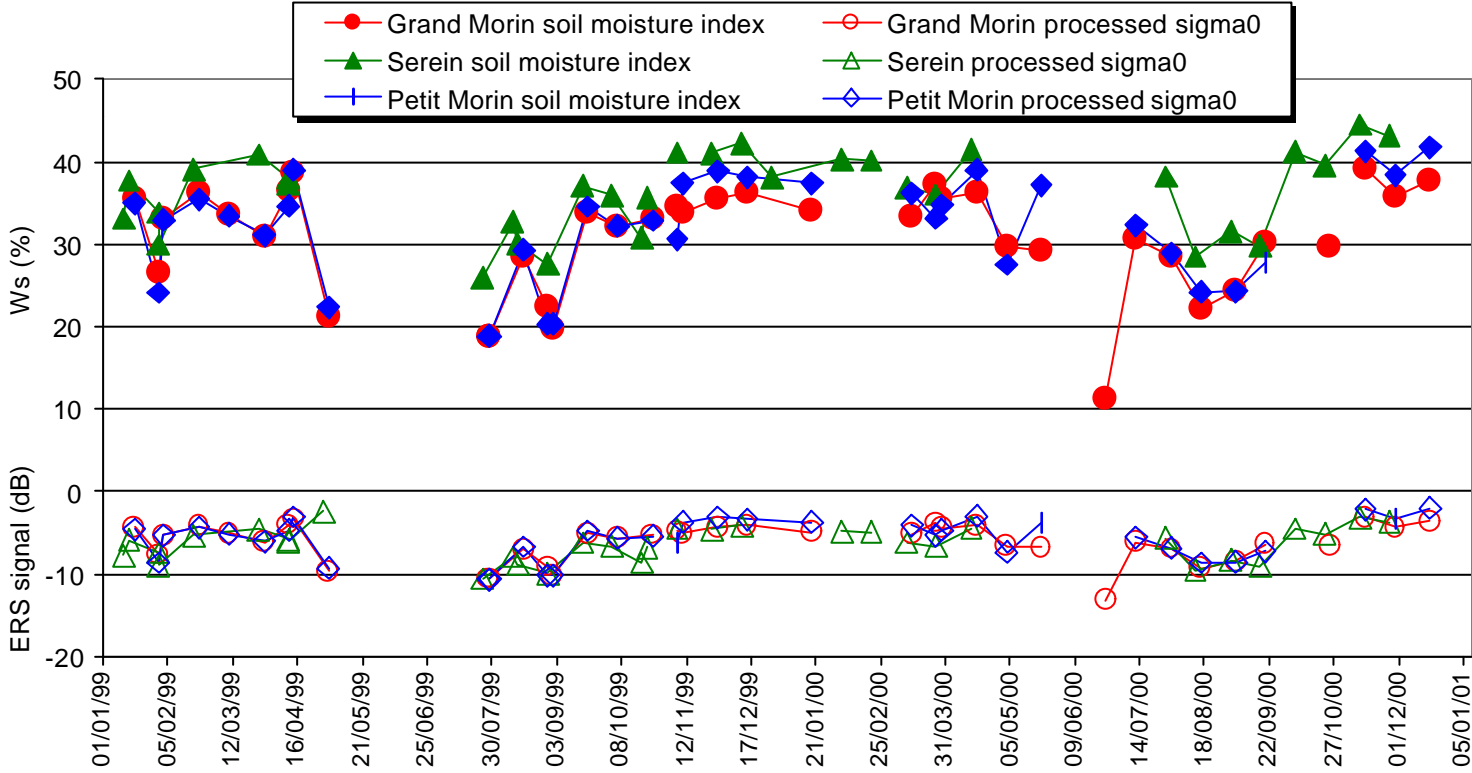


Figure 2 : exemple d'indice d'état hydrique de la surface des sols obtenus à l'aide d'un radar imageur à haute résolution



FICHE 4 : CARACTERISATION DE LA VULNERABILITE, DES ALEAS ET DES RISQUES DES EAUX SOUTERRAINES

Enjeux :

L'eau représente un enjeu essentiel et vital de l'environnement. Les ressources en eau souterraine occupent une place importante du point de vue socio-économique d'une région, d'un pays et de l'Europe; certaines régions sont alimentées en eau potable à plus de 80% par les eaux souterraines. Au niveau de la France, ce sont quelques 60% des demandes en eau potable qui sont couverts par les eaux souterraines.

Dans le domaine de la vulnérabilité des nappes, seules des données génériques sont actuellement utilisées, comme les MNT et l'occupation du sol. Les techniques de mesure et de télétransmission, en particulier par des moyens spatiaux offrent de nouvelles perspectives de multiplication des sites observés pour disposer de données fiables à des fins de surveillance, de prévention et de gestion. En ce qui concerne l'intégration des données spatiales dans les modèles de transfert, le point de blocage se situe actuellement au niveau de la représentation de la surface des bassins versants qui impliquent une hétérogénéité des phénomènes (propriétés du milieu, transfert préférentiel, mécanisme hydrobiologique ...). En particulier, pour le transfert des polluants depuis le sol jusque dans les nappes, la modélisation des transferts devra être développée pour permettre une généralisation à l'échelle de plusieurs centaines de km². Par ailleurs, différentes recherches sont menées pour mieux définir et comprendre les relations entre les eaux de surface et les aquifères, afin d'étudier leurs échanges du point de vue quantitatif et qualitatif. Ces aspects pourraient à terme bénéficier des apports des données satellitaires pour une meilleure représentation spatiale.

Produit :

Dans un environnement qui subit des pressions anthropiques importantes, le risque nul de pollution des eaux souterraines liées à une activité humaine ou l'autre n'est pas inexistant. Une cartographie du risque de pollution des eaux souterraines liées à une activité anthropique telle que le transport de matières dangereuses par voies terrestre nécessite au préalable une connaissance de la vulnérabilité et une caractérisation de l'aléa "accident". Le croisement des deux cartes précitées permet d'obtenir une carte des risques, nécessaire aux décideurs et aménageurs du territoire afin d'adopter les moyens de protection adaptés.

La connaissance de la vulnérabilité des eaux souterraines résulte d'une analyse des critères suivants : état de la surface, sol et nature du sous-sol. L'analyse des images satellites fournit des informations nécessaires à la caractérisation de l'état de surface d'une région ou d'un département. Une combinaison de la définition de l'occupation du sol et de mesures in situ spatialisées d'infiltration permet d'approcher la spatialisation de l'état de la surface vis à vis du ruissellement ou de l'infiltration, bien qu'avec quelques réserves. Ce critère joue un rôle important vis à vis du transfert vers les eaux souterraines des polluants.

Le produit élaboré et proposé est la cartographie du risque de pollution des eaux souterraines liées au transport des matières dangereuses sur la voirie départementale (ex. au niveau du département de l'Hérault). Il peut également concerner la caractérisation de l'état de surface des sols dans le cadre de la gestion des inondations au niveau de bassin versant ou de bassin d'alimentation de source.

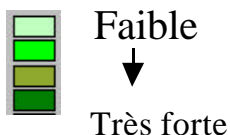
Source de données : MNT (IGN), occupation du sol (CG34, compilation de données cartographiques de l'IFN, BD topo et données du CG34), CAPELANI (base sol INRA), carte de vulnérabilité des aquifères du département, carte géologique numérisée, images SPOT.

Méthode : Des classifications de l'occupation du sol sont effectuées à partir d'images acquises à deux dates sur la même région afin de distinguer les cultures annuelles des prairies permanentes. Un contrôle de terrain est nécessaire en un nombre de points représentatifs du point de vue statistique pour valider cette classification. Cette première étape permet de donner l'occupation des sols qui peut également être obtenue à l'aide d'autres bases de données, pas toujours disponibles ou mises à jour, ou à des précisions spatiales différentes (25 ha pour CORINE, 20x20m pour SPOT). Une caractérisation de l'état de surface vis-à-vis du ruissellement peut être effectuée au niveau de sous-bassins en effectuant des mesures d'infiltration et une caractérisation du sol (texture, structure), en prenant en considération un critère d'appréciation de l'hétérogénéité.

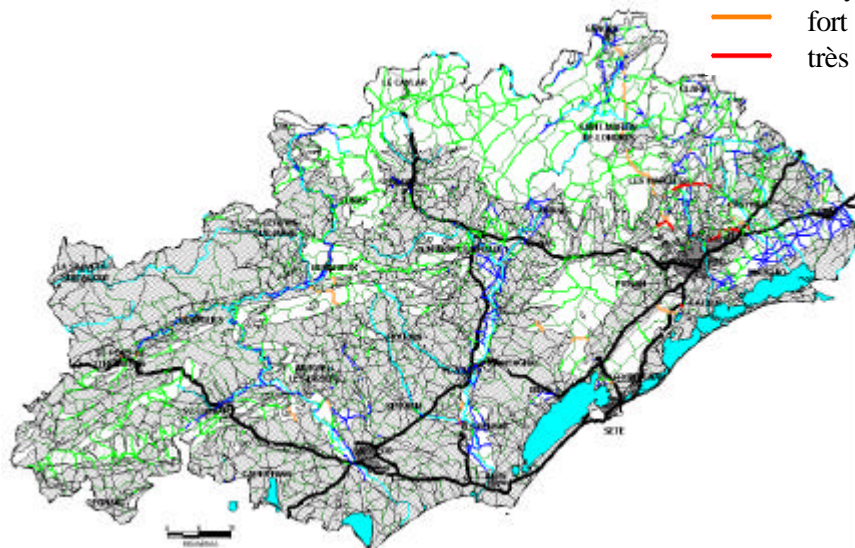
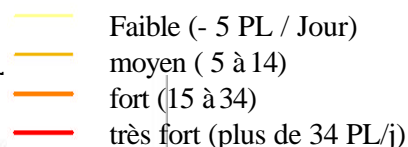
La cartographie du risque de pollution par analyse multicritère est basée sur le croisement de la vulnérabilité et de l'aléa "accident" sur la voirie départementale. A partir de la définition du risque, des propositions de solutions adaptées à chaque classe de risque peuvent être formulées et adressées aux gestionnaires du réseau routier départemental.

Référence : Projet BRGM-CETE Méditerranée, rapport BRGM /RP50800-FR, mars 2001

VULNERABILITE



ALEA



FICHE 5 : UTILISATION DES SPATIALES POUR LES MOUVEMENTS DE TERRAIN ET LA STABILITE DES SOLS AU BRGM

Dans le domaine de la gestion du sol et du sous-sol, les données spatiales sont utilisées de manière pré opérationnelle pour l'étude des risques et en particulier ceux liés aux mouvements de terrain par interférométrie différentielle. En matière d'aménagement, plusieurs voies d'intégration des données satellitaires sont suivies dans les études environnementales (suivi des subsidences ; atlas régionaux en particulier d'érosion). Des recherches sont menées pour démontrer l'utilisation des nouveaux capteurs satellitaires à très haute résolution spatiale et/ou spectrale pour l'aménagement du territoire, environnement minier en particulier. Par ailleurs, les enjeux qui pèsent sur la gestion des zones côtières devront permettre de préciser le rôle des informations satellitaires et de leur couplage avec les réseaux d'observations terrestres. D'autre part, des espoirs naissent au niveau du développement de capteurs de thermographie infrarouge aéroportée, et éventuellement satellitaire, en ce qui concerne différents types de risque, comme par exemple la stabilité des falaises.

L'interférométrie radar, présentée dans la fiche ci-après, présente un intérêt particulier pour la détection et le suivi des déformations de surface.

FICHE 7 : SUIVI DE L'EUTROPHISATION DES EAUX COTIERES

1) Enjeux et Historique

La convention d'Oslo et de Paris impose la surveillance régulière des eaux côtières en situation potentielle d'eutrophisation. Dans le cadre de cette convention OSPAR, l'IFREMER a rédigé pour la Communauté Européenne (DG XI) un rapport sur l'eutrophisation des eaux marines et saumâtres, et a proposé des critères simples d'eutrophisation, basés sur la concentration en oxygène dissous et sur la teneur en pigments chlorophylliens. En dehors des lagunes, où le contexte est proche de celui des lacs, ces critères ne portent pas sur les flux de nutriments qui peuvent être plus ou moins bien assimilés par le milieu suivant ses caractéristiques hydrodynamiques. Par contre il apparaît qu'un niveau d'oxygène dissous inférieur au seuil de 5 mg/l est le signe d'un début d'eutrophisation, alors que 2 mg/l marque l'entrée dans le domaine de l'hypoxie grave ; par ailleurs, le seuil de 20 µg/l de chlorophylle semble indiquer une eutrophisation avérée. L'hypoxie concerne des régions comme la Baie de Vilaine, relativement stratifiées, alors que le critère chlorophyllien met en évidence des risques dans le panache de la Seine et plus occasionnellement dans ceux de la Loire et de la Vilaine.

2) Source de données : mesures classiques et apport de l'espace

Les réseaux d'observation classiques de type RNO ou REPHY, sont basés sur des mesures ponctuelles dont la représentativité est pauvre. Les campagnes océanographiques sont quant à elles trop irrégulières pour que leur contribution au suivi des processus d'eutrophisation soit significative. Enfin, les bouées instrumentées de type MAREL, déjà installées en Baie de Seine, présentent un intérêt certain mais leur coût reste relativement élevé et les données fournies demeurent ponctuelles. Par ciel clair, des estimations de la concentration en chlorophylle peuvent être obtenues de l'espace à une résolution de 1km (SeaWiFS), aujourd'hui, et de 300 m à partir de 2002 (MERIS). Les meilleures estimations sont fournies pour les eaux claires du large car les propriétés optiques des eaux côtières sont complexes, du fait de la présence de matières en suspension et de substances organiques dissoutes ; les algorithmes d'estimation de la chlorophylle sont alors moins efficaces et leur amélioration doit être poursuivie. Depuis le lancement de SeaWiFS en fin 1997, les données spatiales ont toutefois largement contribué à améliorer notre connaissance des blooms sur le plateau continental du Golfe de Gascogne et en Baie de Seine. La principale limitation des capteurs de la couleur de l'eau est due à la nébulosité. Toutefois, en fin d'hiver et au début du printemps, lorsque la lumière est le facteur limitant, les événements importants, qui ont généralement lieu par fort ensoleillement et en période anticyclonique, sont relativement bien observés. En fin de printemps et en été la fréquence des observations est en général plus grande.

3) Méthode pour agglomérer les différents jeux de données

L'intérêt des modèles écologiques est double. D'une part, ils permettent une représentation spatialisée des phénomènes, tels la concentration en chlorophylle, que les mesures ponctuelles des réseaux ne peuvent atteindre. D'autre part, ils témoignent du rôle relatif des différents paramètres de l'environnement (apports d'azote, de phosphore, et de silice, facteurs hydrodynamiques, turbidité) dans la genèse du processus d'eutrophisation. Certains des paramètres étant à terme contrôlables, les modèles sont les premiers supports de l'aide à la décision, en permettant par exemple l'étude de

différents scénarios de réduction des apports.

La donnée spatiale peut ici intervenir en terme de validation des modèles, et à plus long terme on peut songer à l'assimilation des données satellitaires dans les modèles écologiques

4) Illustration

Dans le cadre de l'application de la Directive Européenne 91/676 du 12 décembre 1991 (dite Directive "Nitrates"), les DIREN procèdent actuellement au réexamen de la délimitation des zones vulnérables et à l'évaluation de l'état d'eutrophisation non seulement des eaux douces, mais aussi des eaux côtières et estuariennes. Pour ces dernières zones, il va être nécessaire de suivre des paramètres comme la chlorophylle ou la concentration en oxygène dissous qui permettent d'évaluer l'importance des développements algaux et leurs conséquences. Ces suivis s'appuieront sur des mesures classiques réalisées in situ dans le cadre des réseaux existants (RNO, REPHY) et des stations automatisées MAREL (cas de la Baie de Seine) ; l'évaluation des teneurs en chlorophylle à partir d'images satellitaires apportera ici un complément d'information très utile à l'appréciation de l'état d'eutrophisation de ces zones côtières.

5) Commentaires sur les liens entre les réseaux marins et terrestres

Certaines variables forçantes des modèles, telles les flux solaires, le vent, et les débits des fleuves, sont de grand intérêt, mais elles n'interviennent pas en tant que variables permettant le contrôle de l'eutrophisation. S'il est possible de mettre en cause les changements climatiques sur l'évolution à long terme de la production algale, les flux d'azote et de phosphore relèvent d'une responsabilité plus immédiate. Le modèle, prenant en compte les variables d'origine terrestre comme les nutriments et intégrant les mesures marines, permettra d'utiliser conjointement des jeux de données fournis par les réseaux d'observation terrestres et côtiers. On facilitera ainsi la communication entre les différents experts et on aboutira plus fréquemment à la présentation de documents homogènes et synthétiques aux autorités ayant pouvoir de décision.

S'il est difficile d'arriver à un algorithme unique de traitement des données de la couleur de l'eau sur les côtes européennes, les observations des capteurs successifs seront à traiter suivant une méthodologie proche, quitte à retraiter à l'aide d'algorithmes récents les mesures anciennes. Le premier capteur de la couleur de l'eau CZCS a fonctionné de 1978 à 1986, et les progrès attendus dans l'utilisation des futurs capteurs ne doivent pas ralentir l'utilisation des instruments actuels tels que SeaWiFS. Pour les zones côtières susceptibles d'être eutrophisées, la gestion d'une archive conjointe in situ-satellite doit être accompagnée d'outils informatiques élémentaires permettant au minimum la co-localisation des diverses mesures. Enfin les mesures in situ d'un paramètre comme la chlorophylle de surface doivent être encouragées et facilitées par l'utilisation de bouées instrumentées, parallèlement à l'exploitation des données satellitaires de la couleur de l'eau.

FICHE 8 : OBSERVATION DES ESPECES TOXIQUES DU PHYTOPLANCTON

1) Enjeux et historique

Le phytoplancton marin se compose de plus de 6 000 espèces d'algues unicellulaires. Parmi celles-ci, près de 600 espèces sont connues pour provoquer occasionnellement, par leur pullulation, une modification de la couleur de l'eau (de vert fluo à rouge) ; d'autre part, une quarantaine d'espèces provoquent des nuisances diverses telles que des intoxications pour l'homme ou des mortalités vis-à-vis de la faune marine.

Depuis les années 70, il semble qu'il y ait eu dans le monde une augmentation du phénomène "algues nuisibles" que l'on peut attribuer à plusieurs causes :

- une dispersion des algues nuisibles par les courants, les eaux de ballast ou le transport des produits aquacoles,
- un enrichissement en nutriments des eaux côtières par les rejets anthropiques,
- la mise en évidence plus fréquente des algues nuisibles du fait de l'accroissement de la surveillance des eaux côtières et des produits de la mer,
- les changements climatiques à long terme (température, vent, insolation)

Etant données les conséquences écologiques et sanitaires de ces algues nuisibles, leur suivi constitue une obligation à la fois pour mieux comprendre leur processus de développement et pour assurer la protection des consommateurs de produits de la mer.

2) Sources de données

Sur le littoral français le Réseau de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines (REPHY) assure le suivi des concentrations en espèces toxiques dans l'eau et la mesure de la toxicité éventuelle des coquillages, afin d'assurer la protection du consommateur ; les résultats du REPHY sont transmis à l'Administration départementale qui prend les mesures adéquates d'interdiction de vente et de ramassage des coquillages.

Dans les eaux côtières françaises, trois groupes d'espèces phytoplanctoniques, produisant des toxines dangereuses pour les consommateurs de coquillages, sont actuellement observées :

- *Dinophysis* qui fait partie du phytoplancton à faible taux de développement et qui est producteur de toxines diarrhéiques (DSP) ; il n'est pratiquement jamais associé à des phénomènes d'eaux colorées, sa concentration dans l'eau ne dépassant que rarement 100 000 cellules par litre (à l'exception de la Baie de Seine où il peut monter à plusieurs millions de cellules par litre).
- *Alexandrium* est connu pour produire des toxines paralysantes (PSP) ; il prolifère régulièrement en été dans plusieurs zones très côtières de Bretagne nord (baie semi fermée, estuaire) enrichies en éléments nutritifs par des apports d'eau douce continentale. Une autre espèce d'*Alexandrium* a également proliféré en automne-hiver depuis 1998 en site lagunaire sur la côte ouest méditerranéenne. Les fortes proliférations (supérieures à un million de cellules par litre) peuvent donner lieu à des eaux colorées très localisées.
- *Pseudo-nitzschia* dont certaines espèces produisent des toxines amnésiantes (ASP) ; elles sont détectées depuis quelques années à faible concentration, et ce n'est que très récemment (printemps 2000) que l'une de ces espèces a proliféré de façon significative sur le littoral breton et atlantique. Selon les données disponibles, la concentration minimale susceptible de

conduire à une accumulation de toxines dans les coquillages serait de l'ordre de 100 000 cellules par litre.

Enfin le genre *Gymnodinium*, producteur d'ichtyotoxine, est responsable de marées rouges et se développe de préférence en zone stratifiée.

3) Commentaires

Actuellement le suivi du phytoplancton toxique n'est réalisé en France qu'à l'aide des mesures in situ mises en œuvre dans le cadre du REPHY. Dans certains pays, tels que la Norvège, l'utilisation des images satellitaires permet de donner une alerte précoce en cas de développement de phytoplancton ichthyotoxique ; ceci contribue à la protection des élevages de saumons par déplacement temporaire des cages, dans des zones moins sensibles, en période d'efflorescences toxiques. Des applications similaires en France semblent difficiles car la très grande majorité des élevages aquacoles concernés sont fixes (mytiliculture, ostréiculture). Par ailleurs les espèces phytoplanctoniques qui confèrent une toxicité aux coquillages ne donnent pas toutes lieu à des efflorescences massives (cas de *Dinophysis*), ou bien ces efflorescences sont limitées à des zones estuariennes ou lagunaires très réduites (cas d'*Alexandrium*).

A moyen terme on peut cependant songer à l'utilisation des méthodes hyper-spectrales et de la haute résolution (aujourd'hui à partir d'un capteur aéroporté comme le CASI, demain à partir de satellites), dans la reconnaissance des groupes phytoplanctoniques en zone côtière. L'identification à l'aide d'images satellitaires d'un groupe comme les dinoflagellés, auquel appartiennent bon nombre de micro-algues toxiques, constituera un outil puissant dans l'étude, la compréhension et la modélisation des mécanismes écologiques qui régissent le développement de ces phytoplanctons en zones côtières.

FICHE 9 : EVOLUTION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE GLOBALE DES OCEANS

Enjeux et Produit

Dans le cadre du protocole de Kyoto, en application de la Convention Cadre des Nations-Unies pour le Contrôle du Changement Climatique (UNFCCC), il est nécessaire de procéder à l'identification des sources et puits de carbone et au suivi quantitatif de leur bilan. Les océans sont puits et source de carbone à travers les phénomènes appelés « pompe thermodynamique », de nature physique (convection profonde et entraînement en profondeur du carbone atmosphérique dissous, ...), ou « pompe biologique ». L'activité biologique marine, générée par le phytoplancton, se mesure par le carbone fixé par jour et par m². Constatant que le carbone fixé par jour, intégré sur l'épaisseur océanique, est corrélé à la concentration en chlorophylle par m³ sur les régions océaniques du large, ce dernier paramètre est considéré comme représentatif de la production primaire. Depuis l'expérience CZCS (Coastal Zone Color Scanner, 1978-1986), nous savons que la concentration en chlorophylle peut être relativement bien estimée depuis l'espace pour les eaux claires ; les propriétés optiques de ces eaux sont dominées par la chlorophylle et non par des composants autres, tels que les matières en suspension ou les substances organiques dissoutes d'origine terrestre. Si l'on s'attend à une absorption du carbone atmosphérique anthropique supplémentaire par les processus chimiques et physiques plus importante que celle issue d'un supplément d'assimilation biologique, la compréhension de cette dernière est essentielle, car elle contribue de façon importante aux processus fondamentaux des échanges du carbone. Les processus biologiques d'assimilation du carbone seront amplifiés par l'apport croissant d'éléments nutritifs d'origine terrestre essentiellement transportés par les fleuves mais aussi par l'atmosphère. On aura donc intérêt à étudier le couplage large/côte dans l'évaluation des flux nets de carbone.

Sources de données

Les données proviennent des mesures in situ de la concentration en chlorophylle, relativement rares (campagnes), et des observations de la couleur de l'eau à partir des capteurs spatiaux, SeaWiFS/SEASTAR, MODIS/TERRA, et dans un proche futur MERIS/ENVISAT, POLDER-2 et GLI sur ADEOS-2.

Méthode et commentaires

Les radiances observées au niveau du capteur satellite sont corrigées des effets atmosphériques et combinées pour fournir les concentrations en chlorophylle de surface. De façon schématique, les eaux vertes correspondent à des eaux riches en chlorophylle car les pigments chlorophylliens absorbent fortement les rayonnements bleus du spectre solaire qui ne sont donc pas réfléchis.

La méthode est efficace dans les eaux claires du large mais beaucoup plus difficile à mettre en œuvre en côtier ; or ce sont d'abord ces régions qui sont susceptibles d'assimiler un surplus de gaz carbonique car elles connaîtront un accroissement concomitant des ressources en éléments nutritifs (N, P, Si...), allant parfois jusqu'à l'eutrophisation (voir fiche eutrophisation des eaux côtières).

FICHE 10 : DE METEOSAT A EUMETSAT**L'ORGANISATION METEOROLOGIQUE SPATIALE****L'expérience Météosat**

Pour comprendre l'organisation météorologique spatiale, il faut remonter au projet de satellite météorologique Météosat. En phase pré-opérationnelle, la France décida que la première étape, «l'expérience Météosat», serait européenne. L'expérience aurait pu être réalisée au niveau national par le CNES, mais elle n'aurait alors pu que difficilement se prolonger par une série opérationnelle européenne. En outre, les autorités françaises n'étaient pas satisfaites du statut purement scientifique de l'Esro (1). Elles considéraient qu'il fallait en élargir les responsabilités aux applications de l'espace. Météosat devint ainsi un élément majeur du processus d'extension de l'Esro. Alors apparut aussi le concept de programme facultatif, permettant à certains états de ne pas participer (par opposition au programme obligatoire, avec participation au prorata du PNB). Pour ce faire on introduisit une clause accessoire de la convention de l'Esro, qui devint plus tard un élément constitutif de celle de l'ESA (European Space Agency). L'interaction du projet Météosat avec la structure européenne existante a joué un rôle déterminant dans l'adoption de cette nouvelle démarche avec l'introduction de cette flexibilité. La phase pré-opérationnelle a touché un autre aspect important aujourd'hui : le dualisme des niveaux national et européen pour les structures de mise en œuvre. Après diverses hésitations, on se mit d'accord sur une solution ad hoc, comportant une équipe de projet appartenant à l'ESA, dirigée par un chef de projet ESA, installée au centre spatial de Toulouse et recevant son support technique de ce centre. Ce problème du dualisme des installations techniques n'a pas reçu de solution satisfaisante encore aujourd'hui. Voici en termes de bilan de la phase pré-opérationnelle, les résultats de « l'expérience Météosat » :

- première européanisation réussie d'un projet national ;
- extension du domaine de l'Esro aux applications de l'espace ;
- adoption du concept de programme facultatif ;
- première tentative pour combiner des ressources nationales et européennes dans l'organisation d'un projet

La création d'Eumetsat

Pour mettre en œuvre le passage à la phase opérationnelle, l'implication de la communauté météorologique était absolument nécessaire. Celle-ci n'était pas préparée à s'organiser à l'échelle de l'Europe et à reprendre à son compte les responsabilités exercées par l'ESA ; elle l'était beaucoup moins que celle des télécommunications qui, se fondant sur l'expérience acquise lors de la création de l'organisation internationale Intelsat, n'eut pas de difficultés à créer Eutelsat. La création d'Eumetsat (European Organisation of Meteorological Satellites), en revanche fut longue et difficile, non seulement en raison du manque d'expérience des météorologistes mais aussi parce qu'il leur fallait obtenir des ressources pour financer le nouveau système sur une base permanente. En effet, à la différence des télécommunications, on ne pouvait attendre d'un tel système aucun retour commercial significatif. Il fallut mettre fin à des activités traditionnelles et coûteuses comme les navires météorologiques stationnaires sur l'Atlantique et allouer les fonds au secteur spatial. En outre de nombreux pays hésitaient à créer une nouvelle structure intergouvernementale et envisageaient

d'utiliser la structure existante du CEPMMT (Centre européen de prévision météorologique à moyen terme, créé en 1971). On n'avait pas non plus d'idée claire du cadre juridique. Ce n'est qu'en mai 1983 que la convention Eumetsat fut signée à Genève et l'organisation était si fragile que l'ESA dut lui servir de berceau au début de son existence.

Enfin pour passer au mode opérationnel, il fallait garantir la continuité du service, grâce à des dispositions juridiques et financières, ce qui était une tâche longue et difficile, qui finit par trouver une solution. Le financement et la fourniture par l'Europe d'un élément du système spatial d'observation météorologique devint une pratique acceptée et établie.

En résumé l'expérience Météosat a conduit à la création d'un nouveau type d'organisation européenne, à l'entrée de l'Europe dans la composante spatiale de la Veille météorologique mondiale et une relation constructive entre une agence spatiale de développement (ESA) et une agence opérationnelle (Eumetsat). Enfin dans le cadre des SAF (Satellite Application Facility), pour la phase d'exploitation de MSG (Météosat Seconde Génération) des tâches spécifiques sont confiées aux services météorologiques nationaux, établissant un réseau de responsabilités partagées entre le niveau intégré européen et le niveau national. Le SAF ozone donne un exemple de cette organisation.

Ce texte est établi à partir de l'article d'A. Lebeau : « Météosat, une expérience sur les structures spatiales européennes » paru dans la revue « La Météorologie N° 33, mai 2001, p. 61-6e.

(1) ESRO : European Space Research Organisation, organisation spatiale européenne consacrée à la recherche scientifique, qui céda la place à l'agence spatiale européenne (ESA)

FICHE 11 : UN EXEMPLE D'UTILISATION DE DONNEES SPATIALES POUR LES ESPACES NATURELS PROTEGES : LE PROGRAMME PARK VIEW

Enjeux et produits

Tous les gestionnaires d'espaces naturels sont confronté à la difficulté de connaître, d'analyser la dynamique de leur territoire. Une étude menée par l'Atelier Technique des espaces naturels (ATEN) a particulièrement souligné ce besoin d'outil d'analyse et de suivi au niveau des espaces naturels français et notamment des parcs naturels régionaux.

Le programme Park View lancé en 1998 résulte d'un partenariat entre le CNES, le MATE (DNP), de l'Atelier Technique des espaces protégés (ATEN) et de Spot Image dans le but de développer un produit d'occupation du sol répondant aux besoins des gestionnaires des espaces naturels et ce, en associant directement les utilisateurs à la définition du produit.

L'originalité du programme Park View est de vouloir placer les utilisateurs au cœur de la démarche. L'enjeu prioritaire de ce programme réside dans la définition du produit (en terme d'échelle d'exploitation, de nomenclature et de spécification) par les utilisateurs d'espaces naturels eux-mêmes.

- Le programme Park View, *Vue sur les espaces naturels*, est orienté vers la constitution d'une base de données d'occupation du sol réalisée à partir d'images satellitaires SPOT. Ce programme vise à répondre aux attentes des gestionnaires en matière :
 - d'inventaires et de connaissance du territoire
 - d'identification et de suivi du territoire
 - mais également de simulation et de prospective (aide à la décision) en vue d'orienter les politiques de gestion de ces espaces.

Sources de données

La démarche s'appuie sur deux dates de prise de vues enregistrées à plusieurs années d'intervalle. L'état de référence : est réalisé à partir de 2 images SPOT récentes, et correspond à la vision actualisée du territoire

Un état antérieur est réalisé à partir d'une image d'archives (à partir de 1986). Cette image représente une référence historique à partir de laquelle on appréhende les évolutions, ceci bien entendu en fonction des images disponibles.

Méthode

Le produit ParkView a été conçu à partir des technologies de traitement automatique de l'image satellitaire, et ce selon une typologie en 14 postes.

La nomenclature est orientée vers l'aménagement du territoire et les problématiques de gestion des milieux agricoles forestiers et naturels est comparable (mais non identique) à celle de Corine Land Cover. L'échelle de restitution est cependant plus fine pour Park View (1 :25 000 contre 1 : 100 000 pour CLC).

Le jeu des acteurs

Le programme s'est engagé, dès son lancement, sur la base d'une collaboration étroite avec les utilisateurs. Dans la première phase deux parcs naturels régionaux ont particulièrement collaboré à la démarche : le Livradois-Forez et les Volcans.

Ce rapprochement avec les utilisateurs directs a été notamment valorisé lors de l'élaboration de la nomenclature.

Commentaires

A ce jour le programme a permis :

- de tester et de valider la typologie sur les zones de montagne et de moyenne montagne ;
- de produire une première maquette de cahier des charges à l'usage des prestataires de service détaillant les points essentiels à la mise en production de bases de données ;
- de développer localement, à la demande des utilisateurs, des applicatifs spécifiques (analyse des dynamiques spatiales majeures affectant les espaces agricoles et naturels par exemple).
- de tester la démarche dans le cadre de l'observatoire des zones humides géré par l'IFEN (cas de la Brenne).

La première phase test prévue sur une durée de 3 ans s'achève. Elle vient notamment de faire l'objet d'une réunion bilan du comité de pilotage (DNP, CNES, IFEN, ATEN, SPOT Image) élargie à des représentants des utilisateurs, du CIRAD, de bureaux d'étude etc. Elle devrait s'achever d'ici la fin de l'année 2001 par un séminaire de restitution.

Ce bilan montre l'intérêt de cette démarche soutenue par le MATE d'expérimentation d'une nouvelle technologie pour la connaissance et la gestion des espaces naturels de la mise en synergie de moyens respectifs au service d'intérêts complémentaires (convention MATE/CNES) et de l'appui de l'ATEN pour la conduite technique de l'expérimentation.

Au stade atteint par l'expérimentation, les apports semblent pouvoir être :

- une nomenclature de niveau national permettant à la DNP de disposer d'indicateurs cohérents et aux parcs d'un premier niveau de description cadrant les affinements géographiques particuliers. Reste à vérifier la faisabilité technique (dans le temps et quel que soit le prestataire) et à s'assurer de l'adhésion des parcs (utilisation généralisée et durable). Cette nomenclature doit aussi être rendue totalement cohérente avec la typologie Corine Land Cover.
- un cahier des charges type permettant aux parcs de contracter avec des prestataires de service dans des conditions de sûreté suffisantes.

Il paraît cependant aujourd'hui indispensable :

- d'une part de procéder à une évaluation plus approfondie de cette expérimentation ;
- d'autre part, de proposer, aux gestionnaires d'espaces protégés, des éléments susceptibles de les guider dans le choix solutions techniques diversifiées (orthophoto, images spatiales à différentes résolutions...), pour l'analyse de l'occupation du sol en fonction de la taille des espaces et de leurs besoins. La DNP ne souhaite pas en effet, guider les espaces protégés vers le seul produit intégré développé par Spot Image.

► DOCUMENTS DE TRAVAIL PUBLIES

I – Méthodes :

- 01 – M01 Méthodologie de valorisation des biens environnementaux
Sylvie SCHERRER
- 01 – M02 Indicateurs environnementaux : méthodes et utilisation pour l'évaluation des
politiques publiques.
Xavier DELACHE
- 02 – M01 Intérêts et limites des variables biologiques en écotoxicologie aquatique.
Patrick FLAMMARION
- 02 – M02 Santé environnement : problèmes et méthodes.
Benoît VERGRIETTE
- 03 – M01 Le système d'information environnementale français.
Armelle GIRY

II- Etudes :

- 01 – E01 Effets économiques du Protocole de Kyoto : une maquette internationale
Jean-Pierre BERTHIER, Martin GUESPEREAU, Eve ROUMIGUIERES
- 01 – E02 Politiques nationales de lutte contre le changement climatique et réglementation de la
concurrence : le cas de la fiscalité
Jérôme RIEU
- 01 – E03 Combinaison des instruments prix et quantités dans le cas de l'effet de serre
Boris COURNEDE, Sylviane GASTALDO
- 01- E04 Déterminants des comportements de tri des ménages
Christine LAGARENNE, Séverine WILTGEN
- 01- E05 Effet de serre quantification de l'effort économique par les parties du protocole de
Kyoto
Eve ROUMIGUIERES
- 01- E06 Déterminants de la consommation en produits de l'agriculture biologique
Sylvie SCHERRER
- 01- E07 Effet de serre document de base de la maquette SAGESSE
Eve ROUMIGUIERES
- 02 -E01 Régulation de la durée des contrats dans le secteur de l'eau
Patrick DERONZIER
- 02 –E02 Evaluation économique des pertes d'usage dues aux tempêtes Lothar et Martin de

