

OUTILS LOGICIELS DE TRAITEMENT DE DONNEES MULTISOURCES D'ENVIRONNEMENT

D. Dagherne

Antenne ORSTOM LANNION - Centre de Météorologie Spatiale

Résumé

L'exploitation des données satellitaires météorologiques pour les sciences de l'environnement, fait un appel croissant aux techniques informatiques. Les outils logiciels présentés tendent à apporter une réponse aux utilisateurs scientifiques, particulièrement pour le traitement de sources d'origines diverses à partir de données satellites, conventionnelles et cartographiques, afin de réaliser des produits multiples, adaptés à leurs besoins.

The use of satellite meteorological data in environmental sciences is more and more depending of data processing techniques. The software tools described here give an answer to scientific users, particularly in the processing of various sources by mixing satellites, conventionals and cartographics data, to produce a variety of information suited to their specific needs.

Mots-clés

Logiciel ; télédétection ; satellites météorologiques ; informations géolocalisées ; données multi-sources.

Keywords

Software ; remote sensing ; meteorological satellites ; localised informations ; multi-sources datas.

Introduction

Les communautés scientifique et opérationnelle des "sciences de l'environnement" (météorologistes, climatologues, océanographes, hydrologues,...) doivent faire face à de nouvelles sources d'information ainsi qu'à de nouvelles technologies, tant pour l'acquisition que pour la manipulation ou la restitution des données. Ceci réclame de plus en plus de compétences techniques, indispensables pour la mise en oeuvre de moyens et de méthodes de "traitements" grâce à des environnements logiciels et matériels, sans pour cela que le "thématicien" du domaine concerné ne se transforme en spécialiste du traitement de l'information.... à chacun son métier!.

Les outils logiciels que nous présentons ont été conçus dans le cadre du support "technique" à une équipe de recherche pluridisciplinaire utilisant des données de télédétection satellitaires d'environnement (ou météorologiques, par opposition aux données d'observation de la terre), en conjonction avec des données plus classiques, c'est à dire des relevés conventionnels aux stations, des résultats de climatologie, des données de cartographie,....

La méthodologie globale mise au point est utilisée en développement et de façon opérationnelle dans plusieurs domaines applicatifs. Ce sont des méthodes "générales", qui présentent l'intérêt d'avoir une expression informatique, sous la forme d'un logiciel répondant à des spécifications préalables (utilisation, définition des données, réalisation). Ce logiciel est réutilisable indépendamment du domaine d'application, vu la généralité des concepts utilisés, et à un degré moindre il est également indépendant de l'environnement matériel disponible.

1. L'outil informatique

L'avènement de l'informatique a permis la résolution de problèmes divers, notamment ceux nécessitant de grandes capacités de stockage de données, de puissance de calcul, d'échanges d'informations,.. . La seule contrainte introduite pour ce faire, et qui semble à première vue bien légère en comparaison des résultats obtenus, est la mise sous forme informatique du problème. Celle ci est réalisée au sein d'un LOGICIEL qui rassemble des programmes (codage d'instructions en langage informatique), des données mises en forme par des structures interfacées aux programmes, et un environnement qui couvre les aspects calculateur, système d'exploitation et périphériques disponibles.

Or si la technique a fait des progrès considérables depuis les premiers "ordinateurs", l'on est en droit de se demander si l'esprit humain s'est adapté à ce progrès, et s'il sait utiliser correctement et efficacement cette informatique qui n'est après tout qu'un OUTIL. La manifestation la plus apparente de cette inadaptation à l'outil informatique, et parfois de façon caricaturale dans le domaine de la recherche scientifique, est la hâte et la précipitation avec laquelle on cherche un résultat rapide, en minimisant la durée qui s'écoule entre l'apparition d'un problème et son "informatisation". Ce comportement est sans doute lié à une double cause. C'est d'abord le désir de faire rapidement "tourner un programme" en sacrifiant le temps de réflexion préalable, quitte à être obligé de revenir après coup à une phase de "mise au point". Ensuite il y a la volonté d'aboutir à quelque chose de net, d'imprimé et de bien présenté, document "sérieux" qui semble proclamer le "savoir-faire" de l'auteur, avec les excès que cela comporte dans certains domaines, dont celui de l'imagerie ("faire-savoir", inflation des moyens,..).

Un élément supplémentaire vient aggraver le problème. C'est la "démocratisation" des moyens, avec l'apparition d'équipements personnels performants et peu coûteux, la disponibilité de logiciels "clé en main" et l'accès à des moyens puissants et décentralisés. La volonté de "dominer la technique" y trouve une satisfaction en laissant croire que l'on peut se passer de professionnels. Une meilleure connaissance des limites et des possibilités de tels outils, et notamment en matière de développement logiciel, éviterait une regrettable dispersion des énergies.

Les conséquences fâcheuses de ces raisonnements sont connus. Ils sont présent dans toutes les composantes de la chaîne logicielle avec l'écriture de programmes (faux, non

généraux, "astucieux", illisibles, non documentés,..), le choix de structures de données (liées à une application unique,..) et le recours à des environnements "spécialisés" (matériel, périphériques, librairies d'applications,..). Il en résulte des logiciels difficiles à comprendre, à utiliser, à maintenir, à corriger, à généraliser, à transporter, à réutiliser, etc., avec des coûts indirects souvent sous-estimés (personnel), par rapport à un investissement matériel renouvelable.

Il faut reconnaître le bien fondé d'une approche de la "qualité du logiciel", dont le point important est l'étape du raisonnement préalable (spécifications, analyse), pour assurer la pérennité de celui-ci, et ceci avant toute réalisation, celle-ci devant être évolutive et réutilisable. Il faut passer au stade de l'industrialisation du logiciel par rapport à celui de "programmes jetables" à usage unique, hélas encore trop courant dans certains milieux.

2. Spécifications de réalisation

Les tendances actuelles des sciences de l'environnement peuvent se résumer en :

- une augmentation des volumes de données à traiter, par suite de la mise en service de nouveaux " capteurs " de télédétection (actifs, passifs), à partir de vecteurs mobiles (satellites défilants et géostationnaires, moyens aéroportés) ou fixes (radar), avec des expressions de données de différentes formes (image ou non) et ceci à des résolutions spatiales, temporelles et spectrales très variées ;

- la disponibilité de bases de données centralisées, accessibles par réseau, et disposant de toutes les informations "conventionnelles" véhiculées, dans le domaine météorologique, par le Système Mondial de Télécommunications ;

- des moyens de traitements décentralisés toujours plus performants, avec une quasi standardisation autour d'équipements personnels ou de stations de travail scientifiques ;

- La disponibilité de progiciels "clés en main", particulièrement nombreux dans divers domaines généraux (statistique, base de données, graphique,..), ce qui évite des développements coûteux de logiciels par leur emploi banalisé.

Compte tenu de ces tendances, nous avons entrepris le développement d'un logiciel (programmes et structures de données), avec la prise en compte de plusieurs objectifs plus spécialement liés à des aspects spécifiques de notre activité, à savoir :

- la mise à disposition pour des utilisateurs scientifiques non informaticiens, de logiciels assurant le traitement de données, avec ses aspects : décodage, stockage, manipulation, croisement et restitution. Les programmes développés doivent être facilement utilisables et adaptables aux demandes des thèmes de recherches. Il est alors indispensable de disposer d'une chaîne "ouverte" et évolutive, utilisable en " boîte à outils " soit l'inverse de certains produits commerciaux de type " boîte noire".

- des données plus spécialement liées aux produits de télédétection "météorologique", données qui nécessitent l'application de divers algorithmes pour l'élaboration de résultats en

valeurs géophysiques, ainsi que pour la restitution cartographique de ceux-ci, ceci avec l'addition d'autres sources (conventionnelles, cartographiques,...).

- une réalisation informatique intégrant certains concepts de "génie logiciel" à l'analyse et à l'écriture avec les aspects d'utilisation du produit auprès de l'utilisateur, de maintenance (correction, extension,..), et celui de la réutilisation sur d'autres sites (portabilité) et avec d'autres logiciels. Ces facteurs conduisent à une approche structurée, modulaire et hiérarchique des programmes, la définition précise des "structures de données" et l'utilisation de normes de fait en informatique scientifique.

Un système générique de traitement des données d'environnement peut être schématisé sur la figure 1. Il y a quatre fonctions de bases à satisfaire :

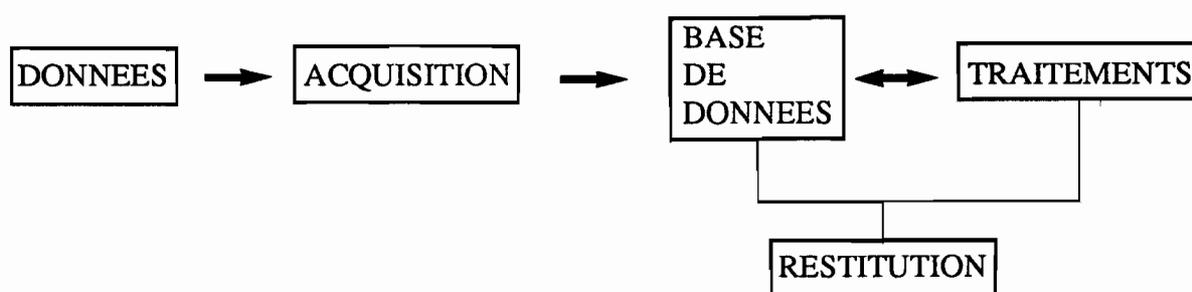


Figure 1 : Système générique pour l'environnement

- ACQUISITION : les données doivent être introduites dans le système et décodées ;
- BASE DE DONNEES : les données doivent être organisées et stockées, prêtes à être restituées ;
- TRAITEMENT : les données doivent être " traitées" (analysées, manipulées, croisées, synthétisées,..) ;
- RESTITUTION : afin d'être exploitées, les données mises en forme et les résultats des traitements doivent être visualisés et imprimés, et ceci sous forme d'images et de graphiques.

S'il est envisageable de disposer d'une configuration matérielle pour chacune des fonctions précédentes, un simple "PC" peut en réaliser l'ensemble, à une petite échelle.

Le succès des extensions futures, via le passage aux stations de travail et aux environnements spécialisés par l'interconnexion de plusieurs matériels en réseau, est alors lié à la standardisation du logiciel applicatif développé et à la "transparence" des données.

3. Données et représentation

3.1. Nature des données

3.1.1. Image

La donnée élémentaire d'une image de télédétection est la valeur du pixel en Compte Numérique. Après "traitements radiométriques" des données brutes (algorithmes géophysiques ou statistiques, corrections diverses) cette donnée est une "mesure". Il est également possible d'avoir des données sous forme d'images "synthétiques" issues de traitements divers de reconstitution (traitement du signal, interpolation géométrique ou géostatistique,...).

3.1.2. Paramètres géométriques de l'image

Toutes les données images sont géoréférencées, c'est à dire qu'à chacun des pixels, il est possible d'associer un point de la surface du globe défini en latitude et longitude. Ceci est réalisé en certains points d'une grille de l'image (matrice de localisation) par les modèles de navigation de l'imagerie satellitaire (orbitographie, capteur) ou par les modèles de projection pour des références cartographiques.

3.1.3 Champs spatialisés

Ces données peuvent prendre deux formes suivant leur origine. Dans le cas d'une mesure ponctuelle, relevé d'une station synoptique par exemple, le champ produit est du type "discret". Pour des données "synthétiques", élaborées par divers calculs (méthodes géostatistiques, résultat de modèle de prévision, etc..), les valeurs se présentent sous la forme d'un maillage à 2 dimensions.

3.1.4. Segments cartographiques

Les images brutes ou redressées géométriquement, ainsi que les divers champs, doivent pouvoir être superposés avec des données cartographiques classiques (trait de côte,..). La donnée est une succession de points jointifs repérés en latitude - longitude.

3.2. Modes de représentation

Les représentations sont effectuées suivant les techniques infographiques, avec deux types d'approches liés à la technologie disponible, avec une forte dépendance du matériel.

3.2.1. Mode Image ou "raster"

L'image est la représentation la plus élaborée d'un phénomène. La valeur du pixel de la donnée "image" est affectée d'une représentation liée au périphérique de restitution. Si les méthodes de traitements "colorimétriques" des images permettent d'avoir des représentations très réalistes, il est important de se souvenir de la subjectivité de cette représentation, subjectivité liée au manque de sensibilité du récepteur "oeil" et à la fascination facile, par de "belles images", d'un public non averti.

Dans notre domaine, il importe de ne pas faire l'amalgame entre "traitement d'images" et télédétection, même si parfois la donnée (satellitaire ou non) peut être traitée directement en tant que représentation.

3.2.2. Mode graphique ou "vecteur"

L'accès à un périphérique (traceur, écran) s'effectue par des couches de logiciels spécialisés disponibles avec les fonctions de base graphiques (interface virtuelle) au sein de normes garantissant l'indépendance du matériel (norme GKS dans le domaine 2D). Il est également possible d'accéder à des fonctions de haut niveau dans des bibliothèques spécialisées, permettant des représentations de données : "contourage", "vecteur flux", représentation à 3 dimensions,... Il est alors nécessaire d'interfacer les structures de données existantes avec les progiciels disponibles.

3.3. Système de traitement

Compte tenu des définitions précédentes, le système logiciel développé pour nos besoins est schématisé sur la figure 2, qui met en évidence les différents liens entre données et représentations.

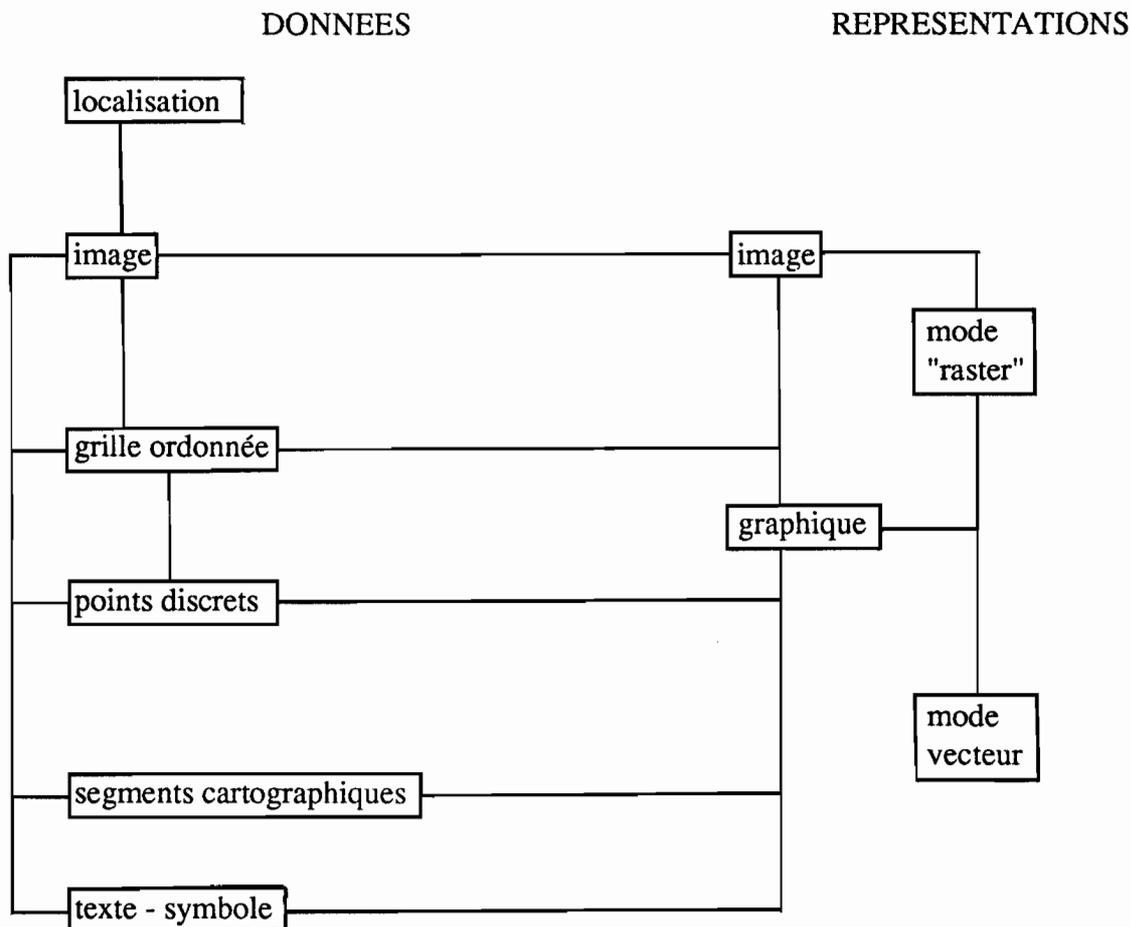


Figure 2 : Données et représentations en télédétection

4. System logiciel

Nous décrivons la réalisation du logiciel TRISKEL développé au sein de notre laboratoire sur un environnement matériel standard (calculateur scientifique UNIX).

4.1. Structure interne de données

Ce sous-système concerne la définition des formats internes des données, avec les modules élémentaires d'entrées / sorties, ainsi que des fonctions de niveaux supérieurs pour la gestion, l'accès et le stockage.

4.2. Décodage et mise en forme

Les multiples sources satellitaires sont décodées pour être converties dans les structures de données internes du logiciel. Elles comportent généralement, en plus de la donnée image diverses informations indispensables pour la suite des traitements géophysiques ou géométriques. Divers modèles externes (localisation, calibration radiométrique,...) peuvent être utilisés dès ce stade. Les données "conventionnelles" sont saisies manuellement, lues sur support magnétique ou récupérées via certains environnements de stockage spécialisés.

4.3. Traitements

Ceux-ci peuvent être très variés, et correspondent essentiellement à des outils méthodologiques de base. Nous ne traiterons pas des développements spécifiques thématiques écrits pour les besoins de nos programmes de recherche.

4.3.1. Traitement d'imagerie

Ce module assure des manipulations de données "image", avec les opérations de transfert général sur support magnétique (restitution, archivage), de traitement classique (arithmétique, dynamique, convolution, statistique,...), ainsi que divers autres plus spécifiques développés pour nos applications (analyse d'images multitemporelles,..).

4.3.2. Traitement de champs

Il consiste en manipulations des données de ce type -et en génération d'images à partir de champs "ordonnés". Un module élémentaire de reconstitution de grille à partir de données discrètes est également disponible, et il est prévu à terme d'y inclure des méthodes évoluées de géostatistique.

4.3.3. Traitement géométrique

Ce module assure la transparence géométrique de diverses sources. Il concerne les étapes de superposition d'informations spatialisées (cartographie, "champs") avec l'image, ainsi que la restitution cartographique des résultats (rectification). La maîtrise de ces étapes permet à terme l'utilisation de méthodes "multisources - multitemporelles", à partir des données disponibles, celles-ci pouvant être quelconques, et à des échelles très différentes.

Ces traitements intègrent plusieurs modèles : projection cartographique, navigation d'images satellitaires, déformation et rééchantillonnage d'images, interpolation dans la grille de localisation, passage raster - vecteur, etc., ce qui permet la mise en relation de trois référentiels utilisés dans nos applications.

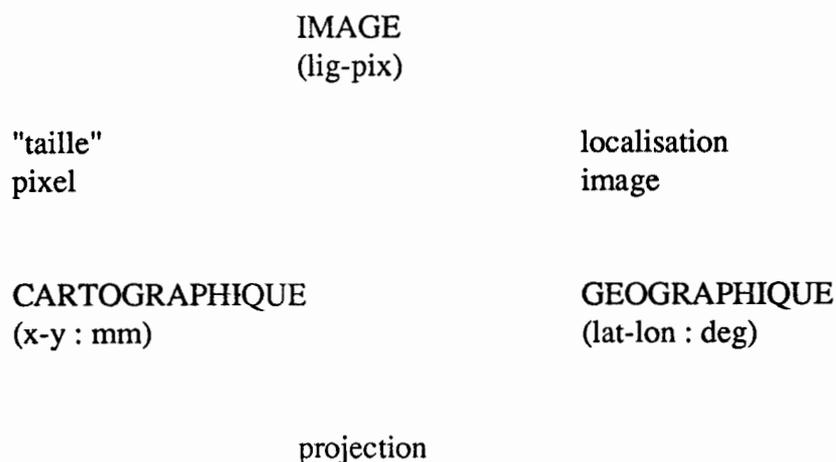


Figure 3 : référentiels de télédétection et modèles de passage

4.3.4. Accès à d'autres logiciels

Nous avons développé des "passerelles" de reformatage de données entre notre logiciel et certains autres aux fonctionnalités complémentaires.

4.4. Sous-système image et graphique

Compte tenu de l'environnement matériel disponible, l'aspect restitution d'image à été développé autour de matériels "spécifiques" (donc non portables), avec des couches d'accès logiciels adaptées. Cependant, le développement de ces couches a été réalisé afin de permettre une large réutilisation des programmes mis en oeuvre sur des matériels aux mêmes fonctionnalités ainsi que sur des ordinateurs personnels équipés d'une carte graphique. Une version pour "station de travail" sous le système de multifenêtrage "X" est en projet. Les manipulations et restitutions purement graphiques sont réalisées indépendamment du matériel grâce à l'utilisation de la norme GKS.

4.5. Interface utilisateur

La figure 4 illustre les possibilités matérielles des stations de travail actuelles, en "traitement" source-destination depuis et vers divers "périphériques" communs (disque dur, mémoire) ou spécifiques en entrées/sorties (systèmes d'acquisition de données, visualisation écran, restitution papier)

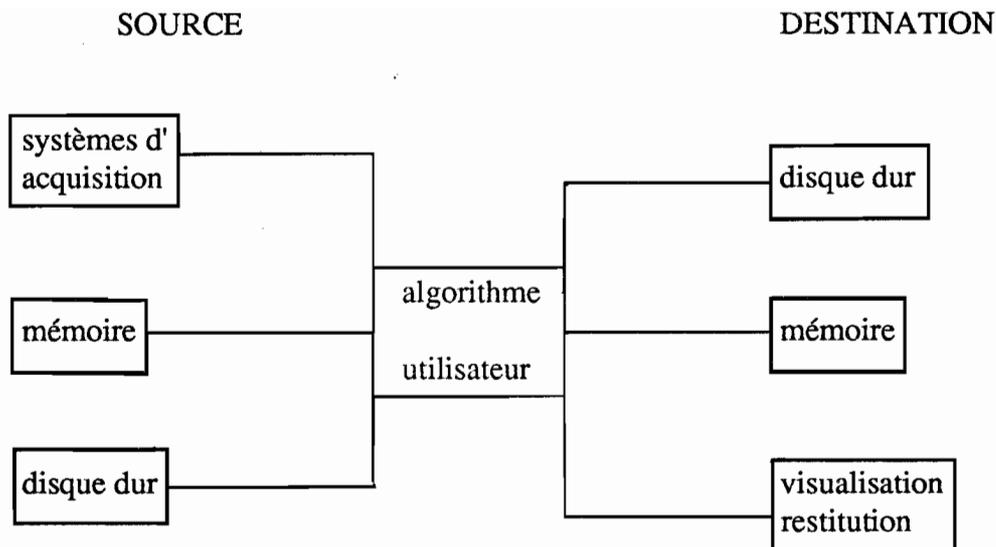


Figure 4 : Environnement utilisateur

Les différents " traitements" ont été conçus comme des entités indépendantes, entités susceptibles de produire un logiciel applicatif général (libre service) ou plus dédié vers un type d'exploitation particulier (recherche - développement thématique, opérationnel), par l'appel des bibliothèques d'utilitaires existantes et de développements spécifiques adaptées.

Conclusion

Le développement du logiciel TRISKEL est une illustration des possibilités pratiques de mise en oeuvre d'une "station de travail" pour les études d'environnement intégrant diverses données provenant de multiples sources : télédétection (dont satellitaires), conventionnelles ou base de données. La démarche suivie est de construire des sous-systèmes indépendants, interfacés avec des structures de données, puis de réaliser une interface utilisateur à l'aide d'un système d'exploitation puissant et portable. Les divers produits disponibles l'ont été indépendamment des matériels, en mettant l'accent sur les aspects logiciels : analyse préalable, structures de données, écriture de programmes, ...

C'est un exemple de développement utilisable par une large communauté d'utilisateurs scientifiques, voire opérationnels, en éliminant les duplications coûteuses de certains investissements humains. Les concepts de base en font un système dynamique qui peut être facilement implanté et modifié pour diverses utilisations.

Le défi d'aujourd'hui est de générer du logiciel applicatif à des coûts de développement acceptables. Les logiciels modulaires, extensibles, maintenables, réutilisables, en un mot " standards" doivent devenir une réalité. La clé du succès de la communauté scientifique faisant appel à l'outil informatique est le LOGICIEL, et la clé de la réussite du logiciel est la STANDARDISATION. La disponibilité effective de logiciels est un atout au transfert de "savoir-faire", les idées aussi bonnes soient elles ne s'exportant pas aussi simplement sans le recours d'une "technique" souvent ignorée de nombreux utilisateurs.

Volume 3

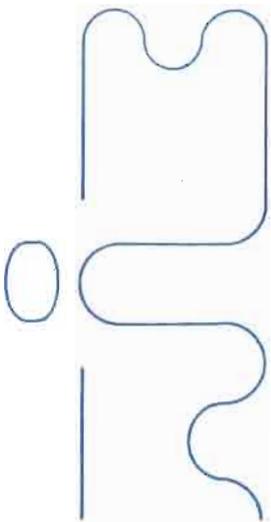
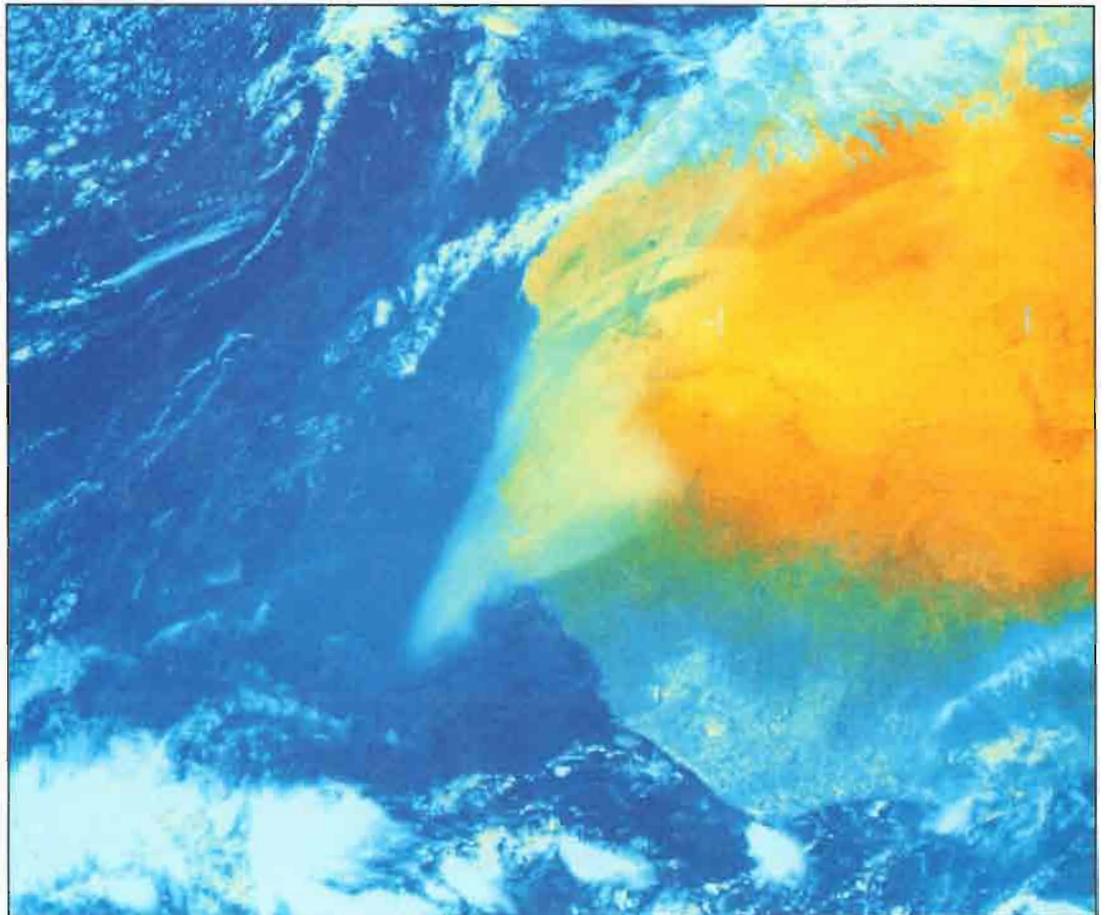
Publications de l'Association Internationale de Climatologie

Association
Internationale
de Climatologie

Satellites et Climatologie

Actes du Colloque
de Lannion - Rennes (France)
20 - 22 juin 1990

édités par Jean Mounier
Université de Rennes 2



Satellites et Climatologie

Actes du Colloque
de Lannion - Rennes (France)
20 - 22 juin 1990

édités par Jean Mounier
Université de Rennes 2

avec le concours de l'antenne O.R.S.T.O.M. de Lannion
sous la direction de Bernard Guillot et J.-Paul Lahuec

