

# cartographie de l'évolution du lit de la Loire

entre  
1994  
et  
1995

à  
partir  
d'images  
vidéo-  
aériennes

**Véronique POUJADE** : GEOIMAGE - **Sandrine DELMEIRE** : GEOMEDITERRANEE - **Guy ROUAS** : Service de Bassin DIREN  
Centre - **Elisabeth LAURIOL** : Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature

## I - INTRODUCTION

Le travail présenté se situe dans le cadre d'un projet d'étude des évolutions du lit de la Loire à partir d'images vidéo-aériennes en couleurs à haute résolution.

Sur un site test (de 4 km linéaires, près de la ville de Bréhémont), nous disposons de deux jeux de données images vidéo-aériennes, l'un enregistré en 1994, l'autre en 1995.

L'objectif du travail étant de montrer l'évolution du lit de la Loire entre ces deux années, et par là même d'effectuer une comparaison entre les données des deux dates, il est souhaitable de passer, tout d'abord, par une étape de rectification géométrique qui amène les images dans un référentiel commun afin de pouvoir les superposer, le référentiel choisi étant un référentiel cartographique.

La mise en conformité géométrique des images nécessite la prise d'un ensemble de points d'appuis avec une référence cartographique. La probable non disponibilité de cartes topographiques d'une précision conforme à la résolution des images (compatible au 1/5000), et la difficulté de saisie de points d'appuis cartographiques sur une zone restreinte aux bords de Loire, nous amènent à considérer l'avantage d'utiliser un plan de référence image. Celui-ci peut être constitué de photographies aériennes numérisées puis orthorectifiées à partir de cartes topographiques au 1/25000. Les images vidéo-aériennes sont donc à leur tour orthorectifiées par rapport à cette orthophoto de référence.

Une technique de mosaïquage permet d'assembler les images de même date, ainsi géoréférencées, pour constituer, deux mosaïques d'ortho-images qui sont alors superposées puis analysées afin de mettre en évidence les différences survenues entre les deux années.

Les différents plans d'informations sont enfin habillés pour générer des cartes au 1/25000.

En résumé, les différentes étapes de la procédure de traitements sont les suivantes :

- génération du modèle numérique de terrain,

- orthorectification de l'image aérienne pour constituer le plan de référence,

- orthorectification de l'ensemble des images vidéo-aériennes de 1995,

- mosaïquage des images orthorectifiées de 1995,

- orthorectification de l'ensemble des images vidéo-aériennes de 1994,

- mosaïquage des images orthorectifiées de 1994,

- superposition des données et analyse des différences,

- génération de documents cartographiques au 1/25000.

Tous les traitements nécessaires à la réalisation de ces différentes étapes sont effectués à partir de différents modules du logiciel GEOimage.

## II - GÉNÉRATION DU MNT

Pour être parfaitement conforme à une référence cartographique, la rectification géométrique doit s'affranchir, entre autre, des distorsions induites par le relief. Pour ce faire, la constitution d'un modèle numérique de terrain donnant l'altitude sur toute la surface de la zone d'étude est nécessaire.

Ce MNT est obtenu à partir de cartes topographiques suivant deux étapes :

- numérisation des courbes de niveau,

- interpolation des valeurs altimétriques entre les courbes.

Les courbes de niveau présentes sur les cartes au 1/25000 sont, en standard, équidistantes de 5 mètres, ce qui permet d'obtenir, après interpolation, une précision altimétrique de 2,5 mètres. Le MNT est généré avec une résolution planimétrique de 2 mètres.

Les caractéristiques de précision altimétrique et de résolution planimétrique sont choisies de façon à être compatibles avec les spécifications techniques requises.

### III - CONSTITUTION DE L'ORTHOPHOTO DE RÉFÉRENCE

L'image aérienne fournie est tout d'abord numérisée à l'aide d'un scanner. L'échelle des photos est environ au 1/25000, par conséquent un scannage à 300 dpi permet d'obtenir des images numériques de résolution planimétrique meilleure que 2 mètres.

Pour améliorer la qualité radiométrique de l'image numérisée, on effectue un étalement gaussien de l'histogramme qui a pour effet d'optimiser la dynamique globale de l'image.

Pour orthorectifier l'image aérienne, il s'agit de saisir un ensemble de points d'appuis (par rapport à la carte au 1/25000) à partir duquel on calcule le modèle de déformation de l'image. Ce modèle, qui reflète les conditions géométriques de prise de vue de l'image, est utilisé pour effectuer la rectification géométrique permettant de produire l'orthophoto géoréférencée.

L'image ci-dessous représente l'orthophoto aérienne constituant le nouveau plan de référence.

### IV - ORTHORECTIFICATION ET MOSAÏQUE DES IMAGES VIDÉO-AÉRIENNES DE 1995

Le calcul des modèles (de type aérien) des images vidéo-aériennes est effectué à partir d'un ensemble de points d'appuis. L'orthophoto aérienne sert de référence, mais le modèle de chaque image prend en compte les images voisines.

Les trois canaux de chaque image sont alors rectifiés géométriquement, par application du modèle préalablement calculé, en utilisant un rééchantillonnage de type bicubique.

Lors de la rectification géométrique, les images sont automatiquement géoréférencées. C'est-à-dire que les images contiennent, dans leur entête, l'information de positionnement dans le référentiel cartographique. On peut par conséquent déduire automatiquement de cette information les positions relatives des images pour les mosaïquer.

L'algorithme de mosaïquage consiste à assembler des images, ayant une partie commune, en passant pro-

## ORTHO-PHOTO AERIENNE SITE DE BREHEMONT



gressivement d'une image à l'autre de façon à rendre les frontières invisibles.

Lorsque deux images adjacentes présentent des dynamiques radiométriques différentes, une étape d'égalisation d'histogramme est appliquée afin d'y remédier.

L'image ci-dessous représente le canal rouge de la mosaïque d'orthophotos vidéo-aériennes de 1995.

#### V - ORTHORECTIFICATION ET MOSAÏQUE DES IMAGES VIDÉO-AÉRIENNES DE 1994

La modélisation et la rectification des images de 1994, est effectuée suivant la procédure utilisée pour les images de 1995. Cependant, la sélection des points d'appuis peut être facilitée et complétée par l'utilisation d'une seconde référence : la mosaïque de 1995.

La procédure de mosaïque est identique à celle appliquée aux images de 1995.

L'image ci-dessous représente le canal rouge de la mosaïque d'orthophotos vidéo-aériennes de 1994.

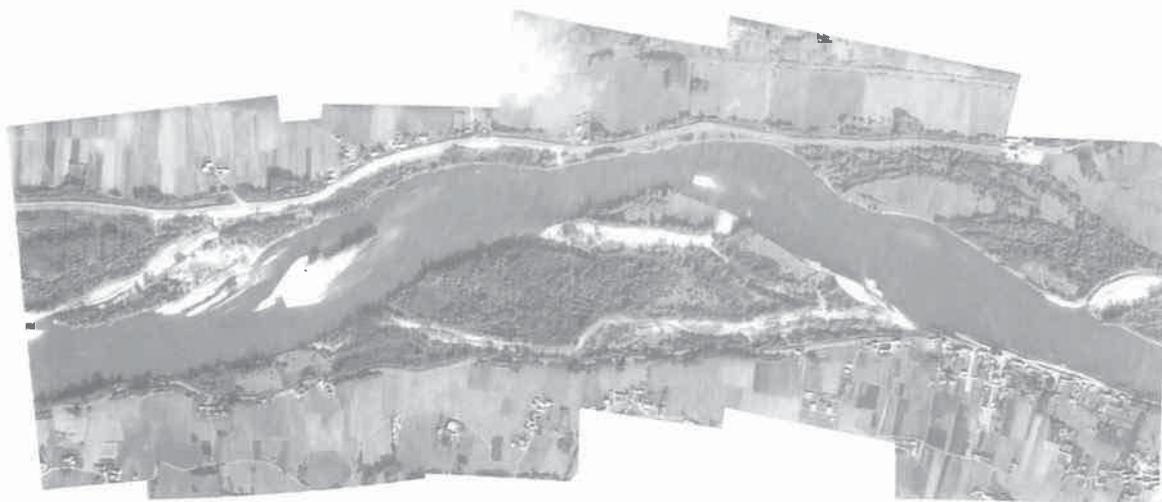
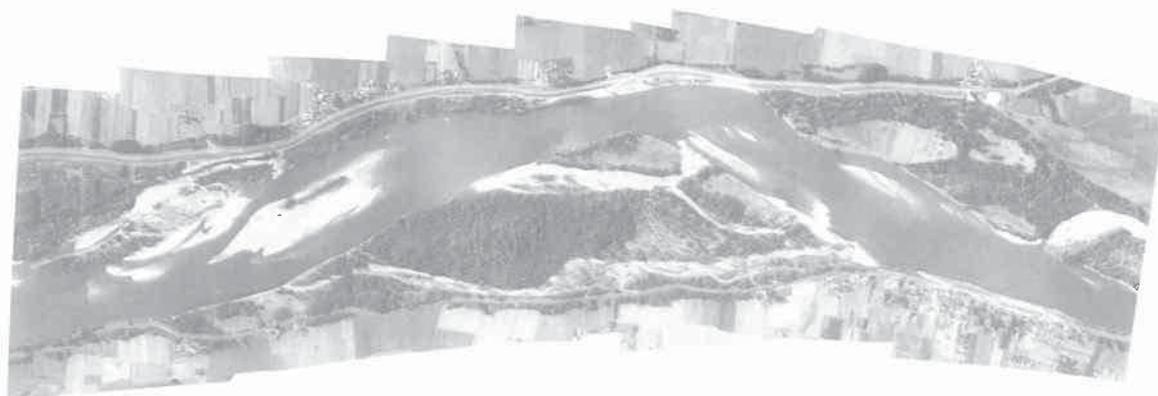
#### VI - SUPERPOSITION DES DONNÉES ET ANALYSE DES DIFFÉRENCES

A ce stade, tous les plans d'informations (orthophotos aériennes et mosaïque d'images vidéo-aériennes de 1994 et 1995) sont superposables. Il suffit, avant de pouvoir effectuer des comparaisons, d'extraire, la zone commune aux mosaïques des deux dates, et de masquer les zones non informées dans l'une ou l'autre des deux mosaïques.

On dispose alors, en chaque point de la zone d'étude, de six valeurs radiométriques : les valeurs dans les canaux rouge, vert et bleu en 1994 et en 1995.

Afin de regrouper dans un seul fichier le plus possible d'information concernant chaque date, on effectue une Analyse en Composantes Principales (ACP).

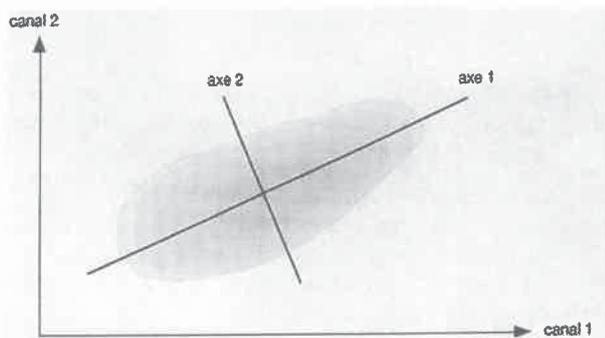
Le principe d'une ACP est de déterminer, à partir du nuage de points formé par la représentation des pixels (R,V,B) dans l'espace des canaux, les axes de maximum d'inertie. Ceux-ci représentent les directions principales décorrélatées du nuage. On projette, alors, le nuage sur ces axes, créant ainsi trois nouveaux canaux complémentaires. Le premier canal, correspondant à la direc-



tion principale du nuage, contient un maximum d'information.

Le schéma ci-contre illustre les axes de maximum d'inertie dans le cas d'une image à deux canaux :

Dans le cas de notre étude, on cherche à mettre en évidence les différences survenues dans le lit de la Loire entre les deux dates. Ce que l'on veut donc détecter, ce sont les zones en eau qui ont été asséchées et les zones sèches qui ont été submergées.



Les caractéristiques radiométriques des zones sèches (très réfléchantes) et en eau (peu réfléchantes) sont très distinctes dans le canal principal résultant de l'ACP.

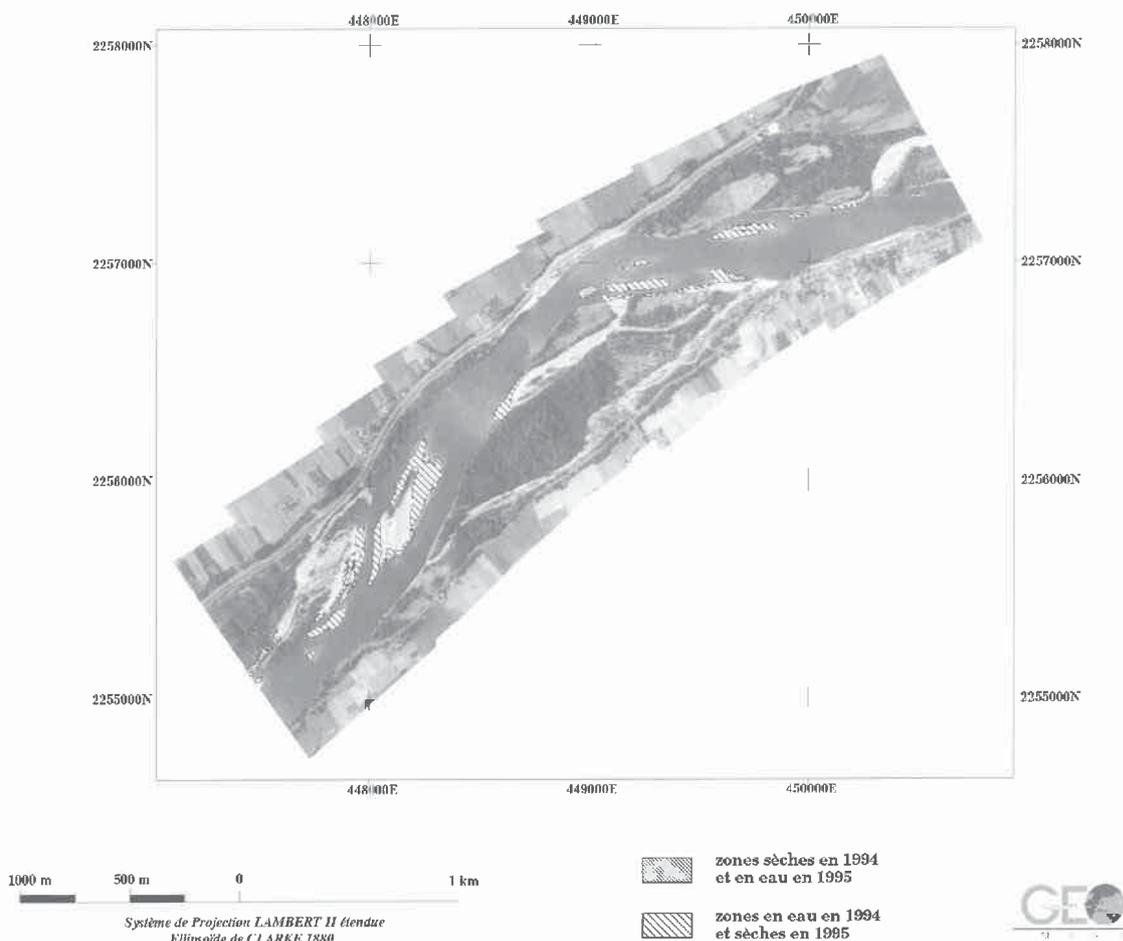
Une différence entre les canaux principaux des ACP aux deux dates fait ressortir les changements survenus dans le lit du fleuve.

Un seuillage à double seuil (ou seuillage par hystérésis, qui possède l'avantage de privilégier une certaine connexité), à partir de la différence d'ACP, permet d'extraire d'une part les zones sèches en 1994 submergées en 1995 et d'autre part les zones en eau en 1994 asséchées en 1995.

Après seuillage, des zones, indépendantes des phénomènes d'assèchement et de submersion, sont cependant extraites. Ces confusions viennent principalement des écarts d'angle de prise de vue au niveau des éléments de sur-sol non pris en compte dans le MNT (végétation arbustive et arborée, infrastructures, ...), et des ombres portées dues à un éclairage rasant sur les images de 1994.

Une intervention manuelle par un photo-interprète

### EVOLUTION DU LIT DE LA LOIRE ENTRE 1994 ET 1995 SITE DE BREHEMONT



permet d'éliminer ces zones de confusion.

L'image ci-dessous représente le résultat obtenu. Les zones hachurées montrent les évolutions au sein du lit de la Loire.

Au travers d'une interface dédiée à l'habillage d'images et à la composition de cartes, on génère, à partir des différents plans d'informations, des documents cartographiques à l'échelle du 1/25000.

## VII - CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que l'utilisation des images vidéo-aériennes peut permettre de répondre à l'objectif de mise en évidence des évolutions au sein du lit de la Loire.

La procédure de traitement établie permet d'aboutir à des résultats satisfaisants.

Cependant, dans le but de minimiser l'intervention manuelle, et ainsi de rendre la chaîne de traitement la plus automatique possible, il serait souhaitable de réduire au maximum les sources de confusion au niveau de la détection des différences. Principalement, le phénomène d'ombre portée peut être annihilé en choisissant une heure de prise de vue correspondant à une position haute du soleil. De même, il est préférable de choisir, pour l'acquisition des images, des périodes identiques de l'année, afin de s'affranchir des différences liées à la phénologie des espèces.

Au regard des résultats obtenus, une prochaine étape se propose d'appliquer la procédure de traitement élaborée à une zone d'étude plus conséquente ; c'est à dire d'assurer le suivi de l'évolution du lit d'un fleuve sur la totalité des secteurs à risque, ceci dans le cadre d'opérations préventives de protection en cas d'inondations majeures.

## La station totale la plus productive au monde a encore amélioré son rendement...



Les stations totales ne sont plus ce qu'elles étaient. Elles doivent être évolutives dès maintenant ... pour être rentables plus tard.

C'est pourquoi le Geodimeter System 600 est le choix intelligent pour les topographes du monde entier.

Le nouveau Geodimeter a été enrichi de modules System complémentaires que vous pouvez facilement ajouter à votre système



selon vos besoins. Ainsi, vous pouvez commencer par acheter une version de base du Geodimeter System 600, une puissante station totale servocommandée dont les caractéristiques d'enregistrement ou de stockage de données, la mémoire, les logiciels intégrés, la précision et la portée peuvent être modifiés en fonction de vos besoins particuliers.

Par la suite, vous pourrez décider d'ajouter la fonction AUTOLOCK™, qui vous permet de verrouiller votre instrument sur un réflecteur et de suivre tous ses mouvements, ou de passer à la puissance de ROBOTIC pour convertir votre Geodimeter en un système à opérateur unique ultra efficace.

En ajoutant une carte-mémoire, Geodimeter Card Memory, vous pouvez enregistrer et stocker toutes vos données sur une carte-mémoire de type PCMCIA. Et ce n'est pas tout! Cette carte-mémoire vous ouvre les

portes du monde de la Topographie Intégrée, dans lequel les stations totales et les systèmes GPS communiquent entre eux.



Lorsque vous faites l'acquisition d'un Geodimeter System 600, vous faites plus qu'acheter une simple station totale, vous vous assurez une productivité qui vous permettra de conserver une longueur d'avance sur la concurrence

grâce à une gamme de perfectionnements de pointe adaptés à tous vos besoins. Bienvenue dans l'univers de la Topographie Intégrée.



**Geotronics**



Geotronics S.A.  
Groupe Spectra-Physics  
Z A de Courtaboeuf - BP 28  
2 av. de Scandinavie,  
91941 LES ULIS CEDEX  
Téléphone (1) 69 18 63 63  
Télécopie (1) 69 18 63 60  
Internet: <http://www.geotronics.se>