

## *Essai de synthèse d'une image géographique par combinaison de données satellitaires et d'un MNT*

Charles SCHNEIDER\*

**RESUME** La superposition d'une classification d'image satellitaire à un modèle numérique de terrain (MNT) permet de mettre les informations thématiques en situation sur le relief, et d'en extraire des cartes thématiques et des vues 3D des paysages.

- GRECE
- IMAGERIE
- PAYSAGE
- RELIEF
- REPRESENTATION 3D

**ABSTRACT** A classified satellite image superposition on a digital elevation model (DEM) allows to place the thematic informations on the relief, and to extract some thematic maps and 3D views of landscapes from this data set.

- GREECE
- IMAGERY
- LANDSCAPE
- RELIEF
- 3D VIEWS

**RESUMEN** La superposición de una clasificación de imagen satelitaria a un modelo numérico de terreno (MNT) permite yuxtaponer las informaciones temáticas al relieve para conseguir mapas temáticos y vistas 3D de los paisajes.

- GRECIA
- IMAGENES
- PAISAJE
- RELIEVE
- REPRESENTACION 3D

### Objectifs

Alors que l'exploitation des données satellitaires pour les besoins d'inventaire thématique et de reconnaissance de l'environnement terrestre est devenue courante, de nombreux domaines restent à explorer pour leur exploitation cartographique. La diversité des données, des méthodes de traitement et des modes de visualisation permet d'envisager de multiples formes d'expression cartographique. Dans le traitement présenté ci-après, nous cherchons à recréer l'image vraisemblable d'un fragment d'espace terrestre par superposition de deux informations de sources différentes: le relief à l'aide d'un MNT, et le contenu de sa surface d'après une classification d'image Thematic Mapper (TM).

Une des caractéristiques communes des observations télédéteectées et des données d'un MNT est leur organisation systématique sous forme de grille de points auxquels sont associés des attributs de position, de radiométrie, d'altitude, etc. Cette structure de l'information géographique convient pour l'élaboration de cartes, mais l'utilisation optimale de cette grande densité de triplets topographiques et des données thématiques associées est obtenue dans les constructions 3D.

Notre essai se situe, d'une part, dans la perspective de l'arrivée des enregistrements stéréoscopiques du satellite SPOT qui permettront, ultérieurement, la réalisation rapide de MNT; d'autre part il s'inscrit dans le contexte de l'utilisation croissante des systèmes d'information géocodées (GIS) comme outil géographique de gestion de l'espace: en même temps qu'ils facilitent la manipulation des données, ces systèmes exigent des solutions cartographiques spéci-

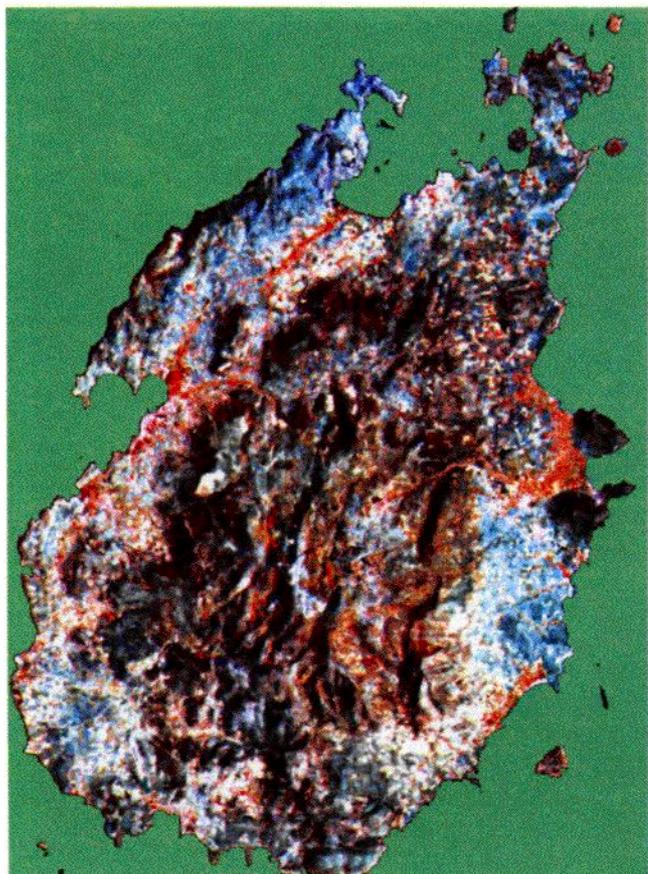
fiques, compatibles avec les différents plans d'information qu'ils contiennent, et pouvant constituer la face visible du GIS.

L'exemple porte sur l'île de Paros dans les Cyclades (1). Cette île constitue une entité physique de 20 km de diamètre avec une dénivelée de 765 mètres, et un bon éventail d'unités topographiques et de types d'occupation du sol. Les données satellitaires utilisées pour le traitement proviennent d'un extrait de scène Thematic Mapper, où l'île est contenue dans une grille de 700 x 700 pixels carrés de 30 mètres de côté (2). La composition colorée des canaux 4, 5 et 7 nous fournit une image de référence (fig. 1a); le relief de l'île y apparaît inversé à cause d'un effet d'éclaircement qui sera abordé ensuite.

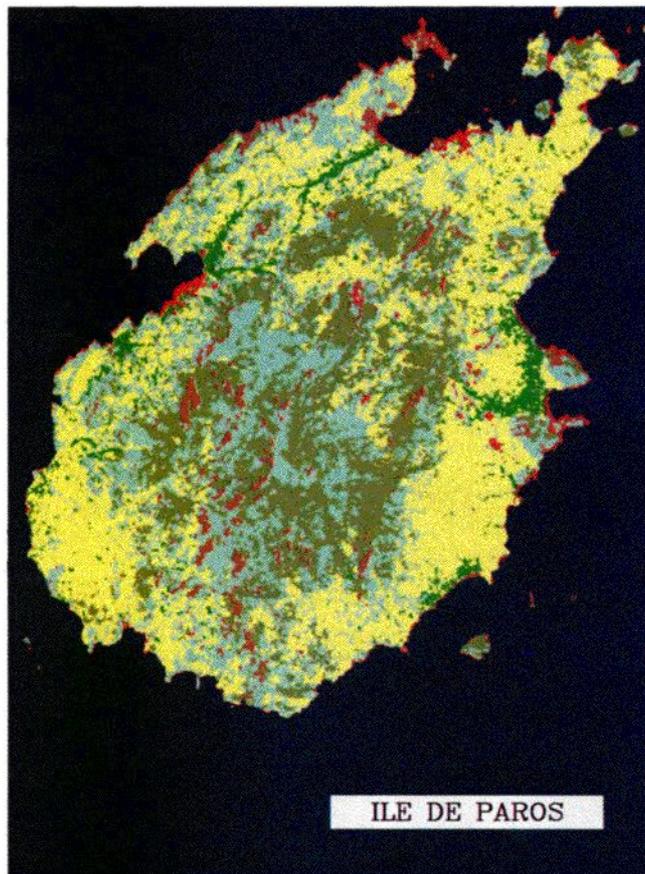
### Démarche

On retrouve les deux phases habituelles de l'élaboration d'une carte: d'une part les traitements préparatoires, et d'autre part les problèmes de représentation proprement dits. Mais, de façon concrète, l'ensemble de la démarche est dominé par la solution des problèmes liés à la prise en compte du relief: pour éviter des erreurs de classification, il faut tenir compte de l'altération des valeurs radiométriques en fonction de l'exposition; pour remplacer les ombres de l'éclaircement solaire par un estompage, il faut reconstituer le relief en vue du calcul des altitudes et d'un éclaircement standard; enfin, pour intégrer cette information topographique dans les représentations, on aborde les questions de combinaison graphique et de construction 3D.

\* Laboratoire de Cartographie Thématique, UA 902 du C.N.R.S., Université Louis Pasteur, Strasbourg.



1a. Composition colorée des canaux 4, 5 et 7 de Thematic Mapper



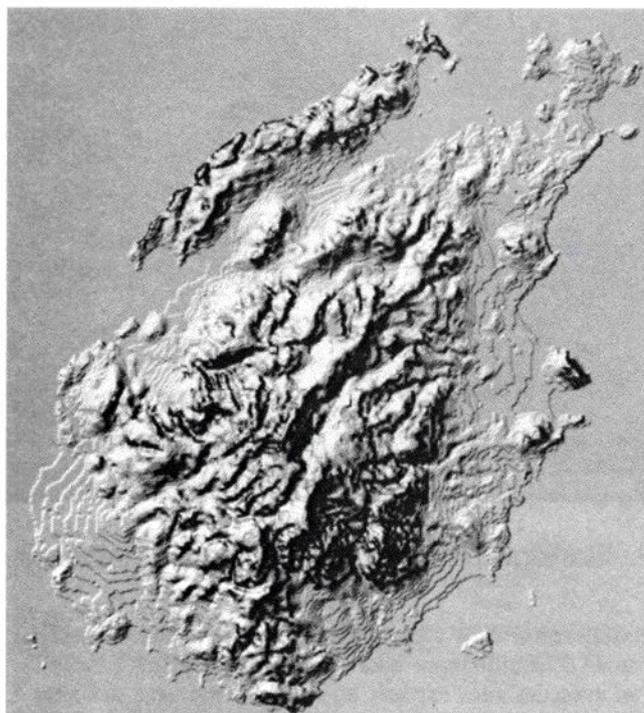
1b. Classification de l'occupation du sol en 7 types

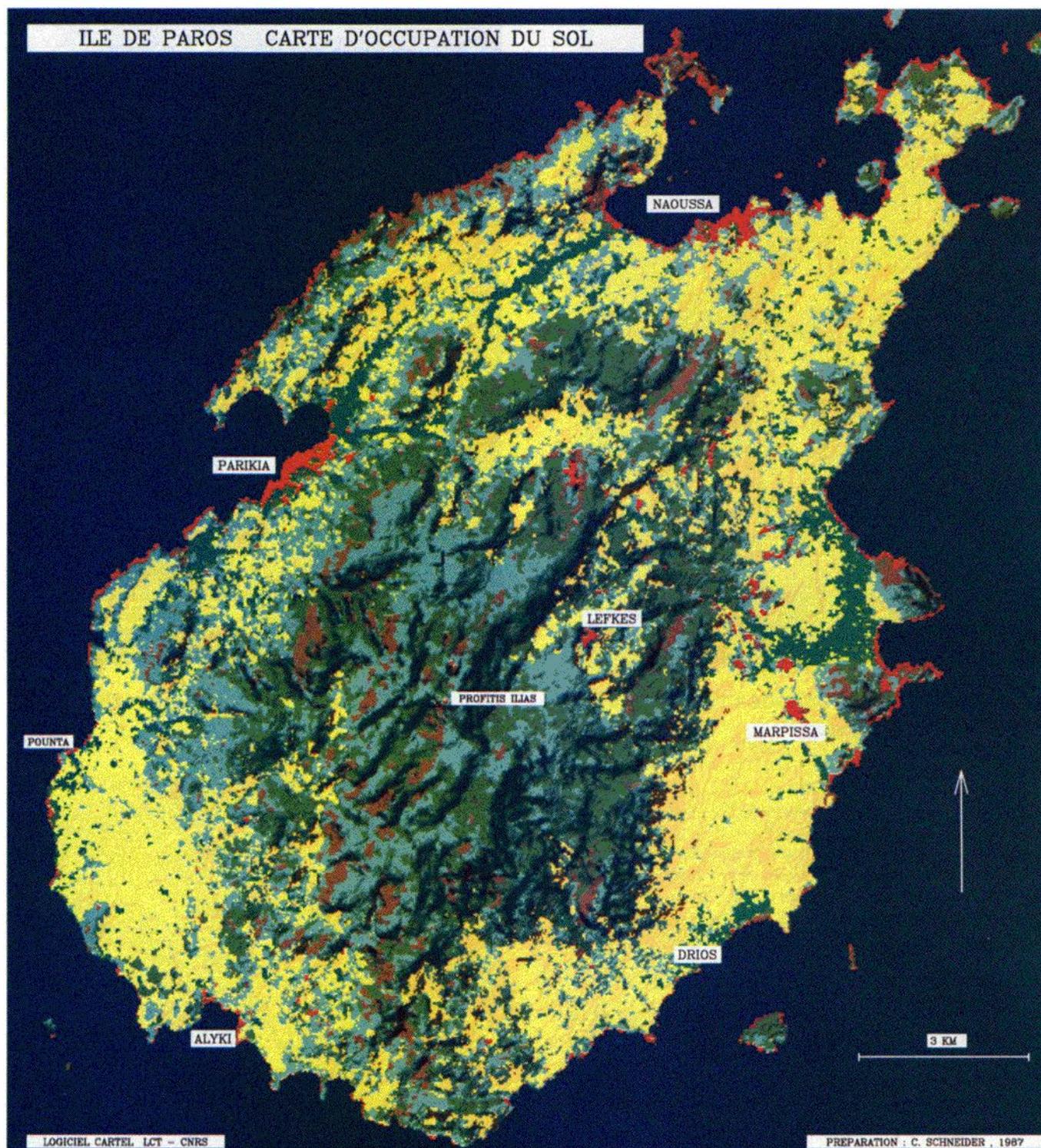
*1. Classification et suppression des effets d'ombre*

Pour déterminer des unités cartographiques homogènes, les valeurs radiométriques initiales des canaux Thematic Mapper sont transformées en types d'occupation du sol. Pour cela nous utilisons une méthode de classification multivariée et supervisée, l'analyse discriminante pas à pas, fondée sur des échantillons terrains identifiés qui servent de noyaux pour l'agrégation des pixels (3).

L'accent étant mis sur la cartographie plutôt que sur l'analyse détaillée des paysages, nous avons retenu un nombre réduit de thèmes, correspondant aux éléments dominants du paysage: céréales ou cultures vertes dans les zones basses, sols nus, arbustes ou roche dans les zones montagneuses, villages, mer.

La principale difficulté de la classification provient de groupes de pixels dont les valeurs radiométriques varient en fonction de l'exposition. Pour limiter les erreurs de

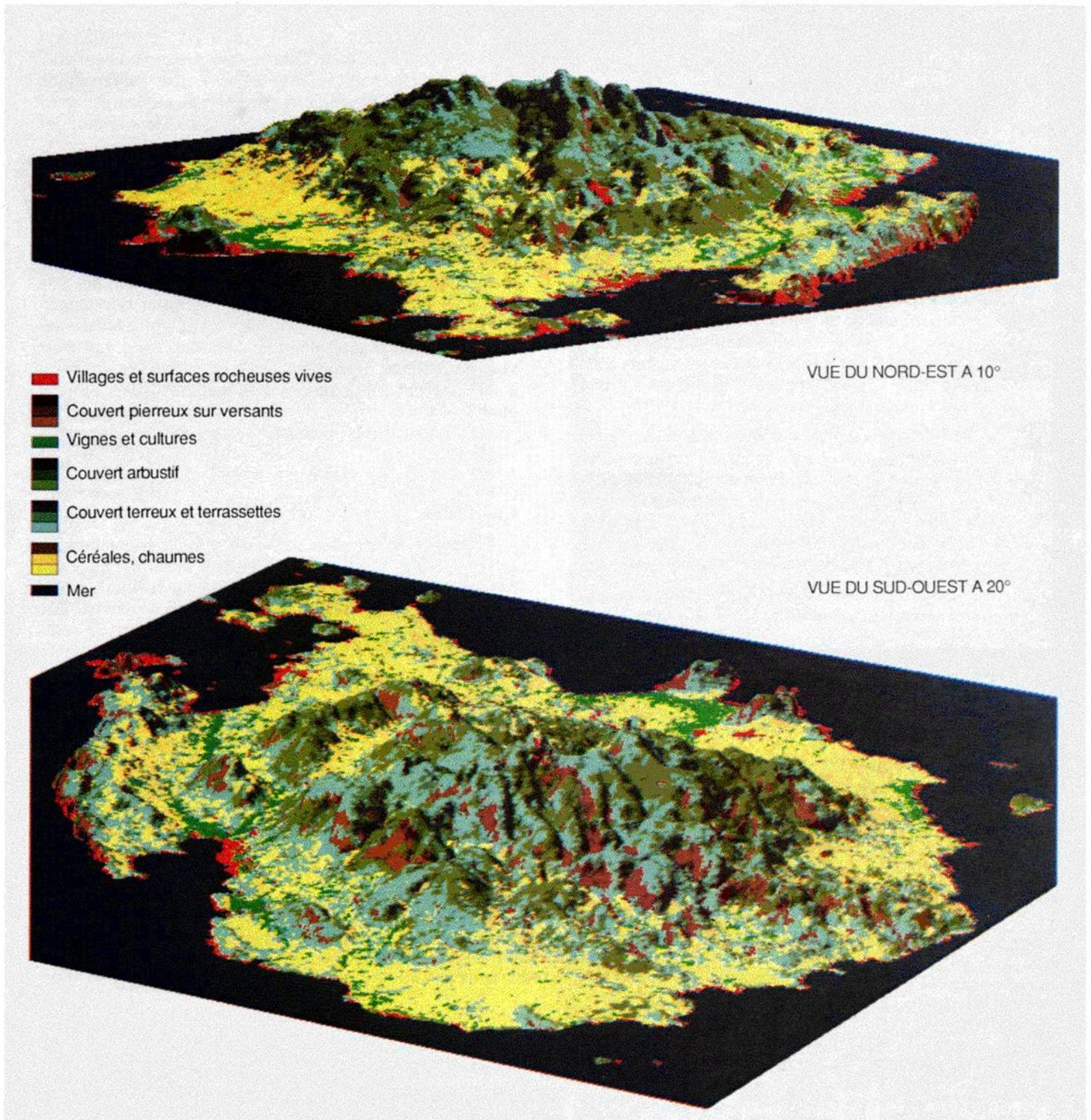




## 2. Cartographie par combinaison point à point de l'image classée corrigée et de l'estompage

classification dues à ces variations, nous avons effectué un double échantillonnage pour les groupes de pixels concernés: l'un avec des sites exposés au soleil, l'autre avec des sites à

l'ombre, ou faiblement exposés. L'analyse discriminante est alors appliquée à tous les échantillons, puis les résultats de cette classification sont généralisés à l'ensemble de l'image.



### 3. Ile de Paros, vues 3D par combinaison de l'image classée, de l'estompage et des altitudes

Après regroupement des doubles modalités d'un même thème (par exemple les versants rocheux au soleil + les versants rocheux à l'ombre), on obtient une image en 7

classes d'occupation du sol, d'où les anomalies dues aux ombres ont disparu (fig. 1b).

## 2. MNT et calcul des altitudes et de l'estompage

Pour introduire les trois dimensions de l'espace physique dans une représentation plane, on dispose de deux types de solutions: les cartes (2D), où la visualisation du relief vient en surcharge sous forme d'estompage ou de courbes de niveau; les vues en perspective (3D), où la dimension «altitude» intervient directement dans la construction. L'élaboration d'un modèle numérique de terrain permet de répondre aux deux types d'applications.

Le MNT est un fichier d'altitudes organisé suivant une structure maillée. Pour l'île de Paros, il a été réalisé à partir de la carte topographique au 1/50 000: sur la table à numériser nous avons relevé la position en X, Y et Z de 20 000 points caractéristiques de la surface de l'île, répartis de façon homogène. Le calcul d'interpolation est effectué au moyen de fonctions splines bi-cubiques, et les valeurs d'altitude sont produites suivant un pas de 30 mètres, sur une grille de points comparable à l'image TM.

Sur les images originales du satellite TM enregistrées le matin, la perception habituelle du relief est perturbée par l'éclairage solaire du sud-est. Pour obtenir l'effet d'estompage conventionnel, on utilise un éclairage factice, nord-ouest à 45°, calculé à partir du MNT: les intensités d'ombres sont proportionnelles au cosinus de l'angle d'éclairage incident sur la normale de la pente (fig. 1c).

Sur les images finales, ces valeurs d'ombre seront réduites à trois niveaux d'estompage, suffisantes pour l'évocation du relief.

## 3. Représentations graphiques

Les cartes et les vues 3D sont réalisées par combinaison des fichiers préparés ci-dessus. Auparavant, la géométrie de l'image classée a été ajustée sur celle du MNT par une méthode de correction par amers.

A l'issue des traitements préparatoires, on dispose de valeurs d'estompage, dérivées du MNT et réduites à 3 niveaux d'intensité, et de données d'occupation du sol en 7 classes. Pour la réalisation de la carte, leur superposition graphique est effectuée point par point au moyen des techniques de traitement d'image. Elle consiste à réunir les deux séries d'informations dans un fichier croisé unique, puis à visualiser ce fichier à l'aide d'une palette appropriée où la couleur et la valeur varient conjointement (fig. 2).

Pour les vues 3D, les informations de surface et leur mode de combinaison sont identiques à ceux de la carte, mais ici, elles sont «posées» sur le relief. Le support topographique est construit à partir du fichier des altitudes du MNT. L'intégration de l'estompage à l'information thématique par un dégradé de couleur permet de restituer les vues 3D sans la surcharge d'une grille de construction. Les deux vues de la figure 3, nord-est à 10° de hauteur et sud-ouest à 20°, servent d'illustrations à la méthode; mais on peut choisir d'autres angles de vue, ou utiliser une fonction zoom pour mettre en évidence des formes, un site ou un alignement.

## Conclusion

L'objectif de cet essai consistait à tester les techniques de l'imagerie et à intégrer le relief dans la cartographie des paysages. Les solutions proposées sont tributaires des documents et des techniques utilisées; elles peuvent être améliorées sur le plan graphique pour les besoins de communication (4), et diversifiées quant à leur contenu.

Un paysage digital n'est pas seulement une image ou une séquence d'images: derrière l'image, il y a les tableaux de chiffres et des possibilités de traitement. Parallèlement à la visualisation, on sélectionne les informations utiles, on les transforme, et on les combine: le processus de composition de la surface est totalement contrôlé. Associée à une banque de données géographiques, l'image devient un outil d'expérimentation.

(1) Contribution à la convention n°1786 de l'ATP «Création artistique et savoir scientifique», (C.N.R.S.-Ministère de la Culture), dirigée par S. Rimbert, LCT Strasbourg.

(2) CCT Thematic Mapper n°182-34 (quart 4), du 13-06-1985, à 7 canaux spectraux.

(3) Les traitements ont été effectués à l'aide des logiciels CARTEL, UNIRAS et BMDP, et avec la collaboration de J. Hirsch.

(4) Par exemple, par accroissement de la résolution ou par extension de la palette des couleurs; on peut également utiliser ces fichiers pour réaliser des animations, soit par visualisation en temps réel, soit par montage.

## Références bibliographiques

- DENEGRE J., 1985, «Une base de données nationales du relief à l'I.G.N.: un nouvel outil pour les géomorphologues», *Pour Fernand Joly*, CERCG- C.N.R.S., Paris.
- EYTON J. R., 1986, «Digital elevation model perspective plot overlays», *Annals of Association of American Cartographers*, vol. 76, n°4.
- HIRSCH J., SCHNEIDER Ch., 1987, «CARTEL: logiciel de cartographie et de traitement de données de télédétection», *Recherches Géographiques à Strasbourg*, n°27.
- RIMBERT S. et al., 1987, *D'un espace objectif à un espace subjectif, transformation sur les Cyclades*, Rapport d'ATP n°1786, LCT- C.N.R.S., Strasbourg.