

# Cartographie par télédétection de la végétation et de l'occupation des sols en région de montagne

(L'exemple du centre du Népal)

Denis BLAMONT et Catherine MERING

La télédétection est un outil *a priori* bien adapté à la nécessité croissante de suivre les évolutions des couverts végétaux et des espaces cultivés des régions montagneuses du Népal Central où la pression démographique en augmentation rapide entraîne des changements dans les rotations culturales, des défrichements incessants, des phénomènes de surpâturage et une surexploitation de la forêt ainsi que des risques importants d'érosion. Cependant, la multiplication des réponses radiométriques de chaque unité de paysage par les différentes expositions des versants s'ajoute aux problèmes rencontrés dans toute cartographie par télédétection : la complexité de ces réponses est telle que l'on est contraint d'utiliser plusieurs variables dans des opérations successives.

Ainsi, la structuration des paysages par l'altitude permet d'introduire dans les traitements, outre des indices comme les indices de texture ou de végétation calculés à partir des données radiométriques elles-mêmes, des données exogènes comme les modèles numériques de terrain et d'ensoleillement : la méthode présentée ici consiste en la formalisation d'une chaîne de traitements permettant à l'opérateur d'adapter sa démarche aux problèmes rencontrés et aux variables dont il dispose, en décidant de l'ordre d'utilisation de ces variables. Les unités de paysage doivent avoir été identifiées au préalable et des procédures de validation à chaque étape de la chaîne permettent de vérifier le bien-fondé du choix de la variable utilisée pour cette étape et la pertinence de la taxinomie et des parcelles-tests.

## I. PROBLÈMES SPÉCIFIQUES DES MONTAGNES DU CENTRE DU NÉPAL

### 1. Effets du gradient altitudinal

- les commandements des versants peuvent être de l'ordre de 4000 à 5000 m : l'étagement des climats et des milieux va du sub-tropical à l'alpin entraînant une multiplicité des unités de paysage.

7 DEC. 1993

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire  
N° : 35096 ex 1  
Cote : B

- les pentes moyennes sont très fortes : les étages de végétation sont très étroits et la taille des unités de paysage très réduite.

- les limites entre les formations naturelles de végétation sont floues ou progressives.

### 2. Action anthropique

- Les marges sont floues également entre les unités de paysage «naturelles» et les espaces exploités : les champs sont souvent bordés par des espaces pâturés où la végétation se fait plus dense au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'espace cultivé.

- Les forêts sont très exploitées et ce sont les secteurs de pente les plus faibles et les plus proches des territoires cultivés ou pâturés qui le sont évidemment le plus intensément ; aux irrégularités naturelles viennent donc s'ajouter des différences d'origine anthropique.

### 3. Effets de la topographie sur la radiométrie

Faute d'une méthode déjà validée de correction du signal (en l'occurrence celui des capteurs MSS), les forts contrastes dans l'ensoleillement des versants à l'heure du passage du satellite (9h 30) et les différences dans la qualité de l'atmosphère dues aux différences d'exposition (les voiles atmosphériques sont plus fréquents et importants dans les secteurs à l'ombre) rendent nécessaires des traitements séparés pour les différentes expositions.

## II. TRAITEMENT NUMÉRIQUE DES DONNÉES

Le présent système permet de construire plusieurs chaînes concurrentes répondant à un même objectif et de les comparer en fonction de critères de satisfaction prédéterminés. On peut donc l'assimiler à un module d'apprentissage du traitement des données satellitaires et de données géocodées pour la représentation cartographique des unités de paysage. Ce module permet aussi d'expérimenter de nouvelles hypothèses et de nouvelles règles (comme la taxinomie ou le seuillage des variables) et ainsi d'évaluer les rôles respectifs des groupes de variables (radiométrie, altitude, texture), des hypothèses et des règles utilisées.

1. Les caractéristiques explicites d'une chaîne quelconque sont au nombre de 4 et déclarées au début de la chaîne :

- L'objectif :

- taxinomie
- extraction d'objets spécifiés
- mesures sur des objets spécifiés

- Les données :

- données de télédétection
- données exogènes (images de type 2-D, réalités de terrain, statistiques, mesures, etc...) -

- Les hypothèses :

- classes *a priori* ;
- hypothèses sous contraintes exogènes (cartes, statistiques...) ;
- règles explicites décrivant les classes ou objets recherches répartition spatiale, géométrie, radiométrie, texture) ;

- Les critères de satisfaction :

- tests statistiques (diminution de l'entropie — quantité de pixels non identifiés — d'une étape à l'autre) ou logiques (satisfaction des règles spécifiques) ;
- mesure de ressemblance entre objet sur l'image et objet recherché.

### 2. Les étapes de la chaîne :

L'ordre des étapes n'est pas déterminé *a priori*. C'est l'utilisation du module d'apprentissage qui permettra de choisir la meilleure séquence. Chaque étape peut être décrite par 7 caractéristiques :

- Place dans la chaîne.
- Images d'entrée : nombre, type (teintes de gris, étiquetées).
- Unités d'entrée : pixels, groupes de pixels, composantes connexes.
- Objectifs : amélioration du rapport signal/bruit, réduction du nombre d'images, segmentation, classification en un nombre déterminé de classes, extraction d'objet mesure.
- Mise en oeuvre : méthodes ou algorithmes, hypothèses, données exogènes, règles, procédure de contrôle.
- Images en sortie : nombre, type.
- Unités en sortie : pixels, groupes de pixels, composantes connexes, mesures.

Pour chaque étape, le choix de la mise en oeuvre est effectué en fonction de tests comparatifs de performance.

Le choix des étapes et les résultats des traitements et des tests sont consignés dans un «journal» qui permet de contrôler toute la procédure.

## III. APPLICATION DU MODÈLE DE CONSTRUCTION AU CAS TRAITÉ

### 1. Etape 1

Un modèle d'ensoleillement (MEI.G.N. 80) est utilisé pour séparer les «secteurs à l'ombre», les «secteurs à la lumière» et les «secteurs à la lumière rasante» constitués de pixels connexes à l'ombre, à la lumière où recevant une lumière tangentielle (l'utilisation des indices de texture y est plus complexe). Y sont incluses les marges entre secteurs à l'ombre et secteurs à la lumière. A l'intérieur des secteurs l'influence de l'exposition sur la radiométrie est considérée comme négligeable par rapport aux différences de radiométrie entre les unités de paysage. Chaque secteur sera traité séparément.

## 2. Etape 2

Dans chaque secteur d'éclaircissement, les pixels sont classés en fonction d'une typologie du couvert végétal définie *a priori*. Chaque classe est représentée par un échantillon de pixels appelé «réalité-terrain». Les conditions pour effectuer une analyse discriminante sont donc réunies. Une analyse par la segmentation des variables explicatives a été préférée à une analyse factorielle discriminante : on désire obtenir non pas la meilleure combinaison linéaire discriminant les classes mais bien les seuils permettant la meilleure discrimination entre les classes. Nous avons utilisé une méthode de discrimination bayésienne non paramétrique (CELE80), segmentant les variables en fonction des classes *a priori* dont les échantillons témoins sont fournis par l'utilisateur de la méthode. Les résultats apparaissent sous forme de segments terminaux dont on connaît la composition (pourcentage des classes représentées).

Dans le cas présent, le nombre optimal de classes est de 7 (la chênaie, la sapinière, la rhodoraie, la forêt claire sub-tropicale, la prairie et les landes, les champs nus, les champs portant une céréale d'hiver — à cause de la date de l'image analysée-) : on peut ainsi disposer de taxons utilisables par les lecteurs de la carte (analyse de la végétation, aménagement des paysages) et de classes dont l'individualisation par la méthode reste possible.

## 3. Etapes suivantes

Comme à l'étape 1, on introduit des règles déclaratives simples fondées sur les connaissances du thématique : il s'agit d'hypothèses pouvant être aisément testées et modifiées à des fins d'apprentissage : elles reviennent à segmenter une seule variable à la fois, les seuils étant déterminés par l'utilisateur ; la pertinence des seuils est contrôlée *a posteriori* par réétiquetage des parcelles tests. La souplesse de la procédure permet de changer de variable non seulement d'un type d'ensoleillement à l'autre, mais encore entre les différents groupes de segments.

La prise en compte de l'étagement de la végétation ou de la pente se fait grâce à la connaissance du terrain et à l'observation des documents existants (carte de la végétation de J. F. Dobremez, carte topographique du Survey of India 1 inch/1 mile). On seuille chaque variable pour chaque classe et on détermine des franges d'incertitude dans lesquelles on a la même probabilité de rencontrer deux ou trois classes, puis on traite des groupes de segments (par exemple les groupes de segments de forêts denses ou de prairie) en fonction des seuillages.

Si les parcelles d'entraînement sont représentatives des classes pour une variable on peut utiliser celle-ci par la même méthode qu'à l'étape 2 où les seuillages sont établis automatiquement ; la variable peut alors aussi être introduite à partir de l'étape 2 comme on peut le voir dans le deuxième exemple de chaîne exposé ci-dessous.

## IV. EXEMPLES DE DEUX CHAINES DE TRAITEMENT DU SECTEUR «OMBRE»

1. Les parcelles d'entraînement ne sont pas considérées comme représentatives de la répartition altitudinale.

A l'étape 2, ne sont introduites que les variables mesurant la radiométrie : dans le cas de 7 classes, on obtient 4 groupes de segments regroupant des classes distinctes mais d'unités de paysage comparables : les différents types de Forêts Denses, les Forêts Claires et les Prairies et Landes ; les deux classes de champs sont bien discriminées entre elles mais des incertitudes subsistent avec les classes de Prairies et Landes et de Forêts Claires et quelques segments comprenant des pixels de Forêts Denses et de Prairies et Landes.

A l'étape 3 la variable utilisée est l'altitude : le traitement par cette variable du groupe de segments «forêt dense» obtenus à l'étape 2 a été fait de la façon suivante : on ne trouvera pas de chênes au dessus de 2800 m, pas de sapins au dessous de 3000 m et pas de rhododendrons au dessous de 3350 m : tous les pixels au dessous de 2800 m seront classés chênes et les pixels situés entre 3350 m et 3000 m seront classés sapins. Tous les pixels au dessus de 3350 m et entre 2000 et 3000 m seront dits appartenir à des franges d'incertitude et devront être traités dans une étape suivante. Dans le cas des autres secteurs d'éclaircissement et des autres formes de l'occupation des sols, la problématique reste la même mais les limites altitudinales changent.

La même problématique est appliquée aux étapes suivantes avec les variables pente et texture. Ce dernier indice est utilisé également à l'intérieur des segments définitivement identifiés pour caractériser les différentes densités (identification des secteurs dégradés de la chênaie, par exemple).

2. L'altitude est introduite à l'étape 2

Les parcelles étant représentatives aussi de la répartition altitudinale des classes, la variable «altitude» a été introduite à l'étape 2 et c'est la variable «pente» qui a été introduite à l'étape 3 puis les indices de texture et de végétation.

Le traitement a utilisé la variable altitude pour 4 des 10 seuillages effectués et a individualisé 11 segments qui correspondent :

- à des étages de végétation dans le cas des forêts et quand les classes apparaissent seules, et à des franges d'incertitude quand les segments sont mixtes ;
- à des types d'occupation des sols dans le cas des champs et de la prairie.

Toutes les classes sont bien individualisées et les segments d'effectifs maxima sont aussi ceux dont une seule classe forme plus de 90% des effectifs. En revanche, les segments dont la composition est la plus hétérogène sont tous d'effectif réduit (entre 1 et 3% de la population totale).

## V. CONCLUSION.

L'élaboration, sur une image LANDSAT M. S. S. d'un paysage de montagne du Centre du Népal, de trois secteurs où l'éclairement est considéré comme homogène permet de résoudre le problème posé par la largeur et les recouvrements réciproques des spectres radiométriques des différentes unités de paysage (couverts végétaux, espaces cultivés). On peut ensuite traiter chacun des secteurs d'ensoleillement homogène à l'aide d'une chaîne de traitements adaptable aux problèmes spécifiques rencontrés lors de leur cartographie et utilisant des variables (issues de la radiométrie — indices de texture ou de végétation — ou non — altitudes, pentes). Si cette procédure offre une très grande souplesse d'utilisation, elle demande cependant une aussi grande précision dans la collecte de la réalité de terrain (identification mais aussi localisation : exposition, altitude, pente....).

## Bibliographie

- BLAMONT D., MERING C., PARROT J. F., 1984 - Essai de classification des unités de paysage en région montagneuse. *Espace Géographique*, 3, pp. 224-232
- BLAMONT D., MERING C., PARROT J. F., 1984 - Numerical processes for identification of landscape units in mountainous areas. *Actes du XV<sup>e</sup> Congrès de la Société Internationale de Photogrammétrie et de Télédétection* Rio de Janeiro ; juin 1984
- CELEUX G., LECHEVALLIER Y., 1980 - *Méthodes de discrimination non paramétrique asymptotiquement efficace au sens de Bayes*. Rapport de recherche n°52, INRIA
- DOBREMEZ J. F., YON B., MAIRE A., TOFFIN G., 1977 - *Carte écologique du Népal. Région de l'Ankhu Khola-Trisuli au 1/150 000*. Editions du C. N. R. S., Paris.
- Equipe SAN I. G. N. FRANCE, 1978 - Modèle d'ensoleillement calculé à partir du modèle numérique de terrain de MASSON D'AUTUME.

# Sociétés rurales des Andes et de l'Himalaya

Actes du colloque  
«Méthodologie des recherches pluridisciplinaires sur les sociétés  
rurales de montagnes - Andes et Himalaya  
(Grenoble, juin 1987)

Sous la direction de  
JEAN BOURLIAUD  
JEAN FRANÇOIS DOBREMEZ  
FRANÇOISE VIGNY

VERSANTS

BE 10-001

C.F.D.I.D. - ORSTOM

INV. 06701