

Mission : CNES - SPOT 1 XS 1, 2, 3

Scène : 588-311 du 22/03/1986, 17 h 12 T.U, λ : 0,50 - 0,59 μm , λ : 0,61 - 0,68 μm , λ : 0,79 - 0,89 μm

Échelle : 1 : 90 000 env. et 1 : 30 000 env.

Carte : 1 : 50 000, feuille Mexico E14-A39

LES QUARTIERS DE LA PÉRIPHÉRIE SUD-EST DE MEXICO D'APRÈS UNE IMAGE SPOT

Jean-Michel EBERHARD

LIA-ORSTOM, Centre de Bondy
72, route d'Aulnay, 93143 Bondy cedex

Dans un précédent numéro de *Photo-Interprétation*, Claude Bataillon présentait une étude géographique de l'agglomération de Mexico d'après l'image SPOT multi-bande du 22 mars 1986 [2]. A l'aide d'une composition colorée, l'auteur décrit les différents secteurs urbanisés et effectue une analyse visuelle de certains caractères observables sur cette image : quartiers résidentiels et industriels, réseaux de voirie, végétation, zones de contact milieux urbain/naturel, effets du tremblements de terre de septembre 1985... Ces investigations semblent tout particulièrement intéressantes à la fin des années 80, puisque, durant cette période, les quartiers de la banlieue orientale de l'agglomération ont connu une croissance démographique spectaculaire, semblable à celle relevée à Nezahualcóyotl dans les années 60. Selon les recensements officiels, les municipalités de Chimalhuacán et de Chalco voyaient leur population évoluer à Chimalhuacán de 62 000 habitants en 1980 à 242 000 en 1990, et de 78 000 à 283 000 à Chalco ; les taux de croissance moyenne annuelle dépassent 15 % [4] et [5].

Outre le fort dynamisme, ce type d'urbanisation se caractérise par une invasion des terres indépendante de toute démarche et autorisation administratives, par la précarité et l'insalubrité des établissements, la dégradation du milieu naturel, l'absence d'infrastructures, d'équipements et de services de base [1]. Il importe aux pouvoirs publics de disposer rapidement d'une information exacte, afin de prendre connaissance des événements en cours et de trouver des réponses aux défis techniques et politiques posés par ces populations défavorisées massées aux portes de la capitale fédérale.

D'autres cas analogues sont observables dans le nord et le nord-ouest de l'agglomération, mais nous nous sommes limité à une analyse des caractères urbains et de la croissance urbaine du sud-est de Mexico, localisée dans le schéma ci-après (fig. 1). La grande Vallée de Chalco (Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ixtapaluca, La Paz) a en effet suscité de nombreux programmes et travaux de recherche, y compris au niveau européen avec le *Projet*

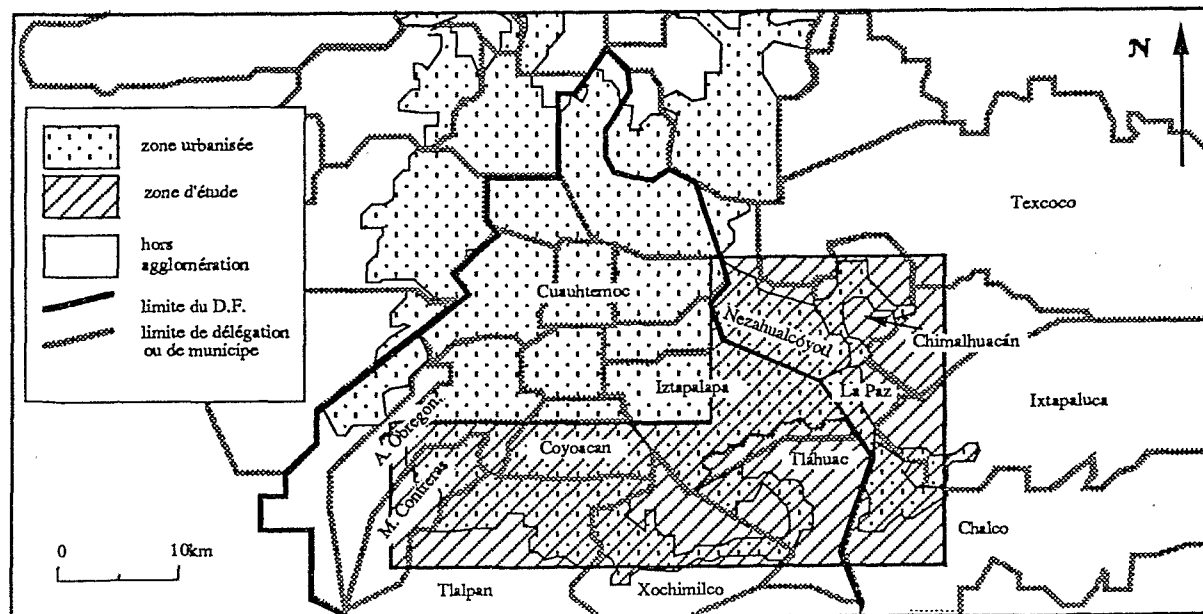


Figure 1 : L'agglomération de Mexico et la zone d'étude.

Chalco, convention ORSTOM/CEE/UAM-Xochimilco dans le cadre duquel nous avons mené notre étude [3].

La télédétection offre une information à vaste échelle, rapide de traitement et peu coûteuse ; elle répond aux nécessités et aux contraintes rencontrées dans notre problématique de suivi du développement de l'agglomération de Mexico au cours de cette période. Nous avons donc pris pour base l'étude de C. Bataillon et nous l'avons prolongée par des analyses statistiques appliquées sur la même composition colorée (1). Nous présenterons ici quelques-uns des résultats obtenus à l'aide de ces méthodes, utilisées pour la différenciation des quartiers urbains à partir des seules données satellitaires.

MÉTHODE DE DIFFÉRENCIATION DES SECTEURS DE L'IMAGE

Une analyse visuelle préalable de l'image a montré que les différents quartiers reconnaissables sur la composition colorée (fig. 2 et 3) peuvent être décrits et analysés selon deux critères : la *couleur* qui correspond au caractère radiométrique ponctuel (fig. 4), et la *texture* définie par la distribution spatiale et statistique de ces couleurs dans une surface donnée (2) (fig. 5). Ces critères ont tout d'abord permis d'effectuer un zonage visuel de l'image, les contours des zones étant déterminés par la rupture dans la continuité d'au moins l'un des deux critères. Au total, 51 secteurs ont été délimités à partir de l'image ; ils correspondent aux domaines urbain, péri-urbain et naturel.

En seconde étape, les secteurs ainsi isolés sont décrits selon nos deux critères :

- en terme de couleur, avec un tableau des effectifs de pixels de chaque couleur dans chaque zone ;
- en terme de texture, avec un tableau des effectifs de pixels de chaque valeur d'entropie dans chaque zone.

Les deux tableaux résultants sont ensuite soumis, séparément, aux méthodes d'analyse des données (programmes de la bibliothèque ADDAD) : une Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.) produit une représentation des données qui permet l'analyse des grandes tendances représentées, et la caractérisation des secteurs d'image selon les couleurs et les types de texture dominants. Cette démarche permet également de mettre en évidence des regroupements d'individus et de variables selon divers aspects de leur ressemblance. L'interprétation des résultats est facilitée par l'analyse visuelle du document menée dans la première étape du travail.

Les grandes oppositions entre les couleurs dominantes, mises en évidence par l'analyse factorielle des couleurs, correspondent aux principaux types de matériaux de surface représentés sur l'image. Ces différents types et leurs associations correspondent, à leur tour, à des grands thèmes d'occupation du sol, comme le montre le **tableau 1**.

L'analyse factorielle des données texturales permet de discriminer les mêmes secteurs selon un critère davantage lié à la taille des *objets-matériaux* (3) qui constituent la surface au sol, et lié à la manière dont ils s'agencent sur le terrain (notamment : interdisposition des objets). Les principaux thèmes discriminables par cette méthode apparaissent dans le **tableau 2**, en fonction de quatre types de groupements de pixels de même couleur, que la mesure de la texture permet de reconnaître.

LES GRANDES FORMES D'OCCUPATION DU SOL

Une Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H.) des individus selon leurs coordonnées sur les facteurs offre la possibilité de mettre mieux en évidence les regroupements de secteurs observables de manière diffuse sur les plans factoriels, et de pouvoir étudier la hiérarchie de leur ressemblance. Nous avons donc réalisé deux clas-

Tableau 1 : Principaux caractères de couleurs et thèmes

COULEUR DOMINANTE		MATÉRIAU AU SOL	OCCUPATION DU SOL
rouges :	vif	végétation dense à forte activité chlorophyllienne	champs irrigués, espaces verts, jardins entretenus
	sombre	végétation arborée ou végétation dispersée sur sol sombre	parcs, forêts, centres villes anciens arborés, versants rocheux volcaniques ou terrains humides à végétation rare
bleus clairs/blanc		sol salin dégradé des anciens lacs	quartiers périphériques surtout précaires en voie d'urbanisation sur fonds lacustres secs
jaune-orange		végétation dispersée sur sol clair	quartiers périphériques surtout précaires en voie d'urbanisation, espaces verts mal entretenus
vert-marron		surfaces minérales sombres	urbanisation dense ancienne et/ou substrats sombres volcaniques et/ou humides à végétation rare
bleu-vert		bâti dense et récent sur sol salin encore visible	quartiers périphériques consolidés de l'est développés depuis 20 ou 30 ans sur les anciens lacs salés

1. Travail réalisé dans le cadre du « *Projet Chalco* » et à l'Unité de Télédétection du L.I.A.

2. L'indicateur de texture retenu ici est celui issu du calcul de l'entropie qui prend en compte l'organisation locale des couleurs voisines.

3. Objets délimités selon la continuité dans l'espace et la nature du matériau de surface. Cet objet d'étude, plus compatible avec l'information satellitaire, ne correspond pas forcément à l'*objet-fonction* ; exemple : le toit d'une maison et une aire de stationnement peuvent se confondre s'ils sont tous deux en béton.

Tableau 2 : Principaux types de texture et thèmes

TEXTURE DOMINANTE	OBJETS AU SOL	OCCUPATION DU SOL
pixels isolés	objets différents et rapprochés, taille proche de la limite de résolution SPOT	bâti dispersé et à jardins : quartier résidentiel individuel de luxe
particules	bâti de grande taille ou espaces verts	quartiers d'habitats collectifs, zones industrielles ou mixtes, quartiers composites, petit parcellaire agricole
taches	paysages peu contrastés, objets de taille moyenne ou regroupements compacts de petits objets	quartiers densément urbanisés ou avec alternances bâti/sol nu (urbanisation en cours), grand parcellaire agricole
surfaces homogènes	surfaces uniformes, grands objets composés de matériaux homogènes	domaines des milieux naturels lacustres et forestiers, montagnes, collines et secteurs inexploités (entre autre péri-urbains)

sifications, chacune découlant de l'une des Analyses Factorielles. Six classes résultent de la classification des secteurs d'image selon les couleurs dominantes ; quatre résultent de la classification selon la texture ; leurs caractéristiques sont celles présentées respectivement dans les tableaux 1 et 2.

Les figures 6 et 7 montrent la répartition spatiale des classes.

Comme les tableaux 1 et 2 le font remarquer, des thèmes différents apparaissent dans un même poste (exemple : les champs et les jardins, première ligne du tableau 1). Les classifications reproduisent évidemment ces « anomalies », démontrant ainsi l'impossibilité de reconnaître l'ensemble des thèmes qui nous intéressent, sur un seul critère, couleur ou texture. La discrimination visuelle des quartiers sur l'image tient, en partie, à l'association des deux critères par l'observateur lorsqu'il interprète le document. Nous avons cherché à associer ces informations complémentaires dans notre analyse statistique. La confrontation de plusieurs méthodes montre que l'opération la plus simple et la plus efficace consiste à croiser les résultats des deux classifications, chacune redistribuant les résultats de l'autre selon son propre critère.

Grâce aux conclusions de l'interprétation visuelle précisées par les résultats des Analyses Factorielles, l'étude du tableau résultant est aisée. Le tableau 3 présente les principaux thèmes mis en évidence par la méthode de croisement des classifications appliquées sur la totalité des secteurs étudiés (milieux naturels et urbains)⁽⁴⁾. On notera en particulier l'« éclatement » de la classe 1 des couleurs (cc1 : couleurs rouges vifs correspondant à la végétation active) en deux thèmes différents :

- les vastes surfaces du milieu naturel lacustre au sol engorgé d'eau (surfaces rouges homogènes sur l'image) ;
- les quartiers-jardins régulièrement entretenus et arrosés des résidences de luxe (mosaïques de pixels isolés rouges aux tons variés) (Fig. 5).

Perpendiculairement, on observe la partition de la classe de texture ct4 (s/classe a) qui regroupe les secteurs d'image à plages uniformes ; ces plages représentent, en

réalité, divers types de surface que permet de discriminer la classification des couleurs :

- les différents milieux naturels détectables sur la composition colorée : lacustre, à sols rocheux sombres avec et sans végétation, à sols clairs, à sols salins... ;
- les milieux urbains en fonction de leurs divers degrés de densité et de répartition du bâti, ainsi que la nature du sol sur lequel les quartiers se développent.

MISE EN ÉVIDENCE DES GRANDS TYPES DE QUARTIERS

Cet ensemble de traitements a permis de reconnaître la plupart des secteurs urbanisés de notre zone d'étude. Les résultats présentent toutefois des confusions dans le cas des quartiers les plus extérieurs à l'agglomération : le bâti dispersé et la forme extensive de l'urbanisation expliquent l'absence de caractères urbains sur les secteurs d'image leur correspondant, et leur assimilation aux secteurs naturels. Avant l'analyse du milieu urbain par notre démarche, nous avons donc intégré, « manuellement », les secteurs en voie d'urbanisation aux quartiers à étudier. Les secteurs du milieu naturel éliminés, nous avons appliqué à nouveau notre démarche sur l'« image urbaine » composée désormais de 43 secteurs. Le croisement des classifications résultantes permet alors d'identifier plusieurs grands types de quartiers que la figure 8 présente page 34.

Remarquons notamment :

- les *quartiers-jardins* des résidences de luxe regroupées dans le sud-ouest de l'agglomération (*Jardines del Pedregal*), caractérisés par la faible densité de construction qui laisse place à des jardins entretenus : pelouses arrosées et espaces arborés, très facilement repérables sur l'image grâce à la mosaïque de rouges correspondant aux surfaces dont le couvert végétal se caractérise par une forte activité chlorophyllienne (végétation verte) ;
- les *quartiers pavillonnaires de type populaire* à forte densité de bâti consolidé qui constituent des agglomérats de cubes de béton séparés par un inter-bâti lui-même cimenté ou goudronné ; ce type de quartier, souvent développé sur des sols peu propices à la

4. Dans ce document, on désigne par *urbanisation occulte*, les formes d'urbanisation dont la densité est insuffisante pour être directement visible sur l'image ; ces quartiers en création ne peuvent donc être mis en évidence que par l'intermédiaire des conséquences de l'urbanisation notamment sur le milieu naturel.

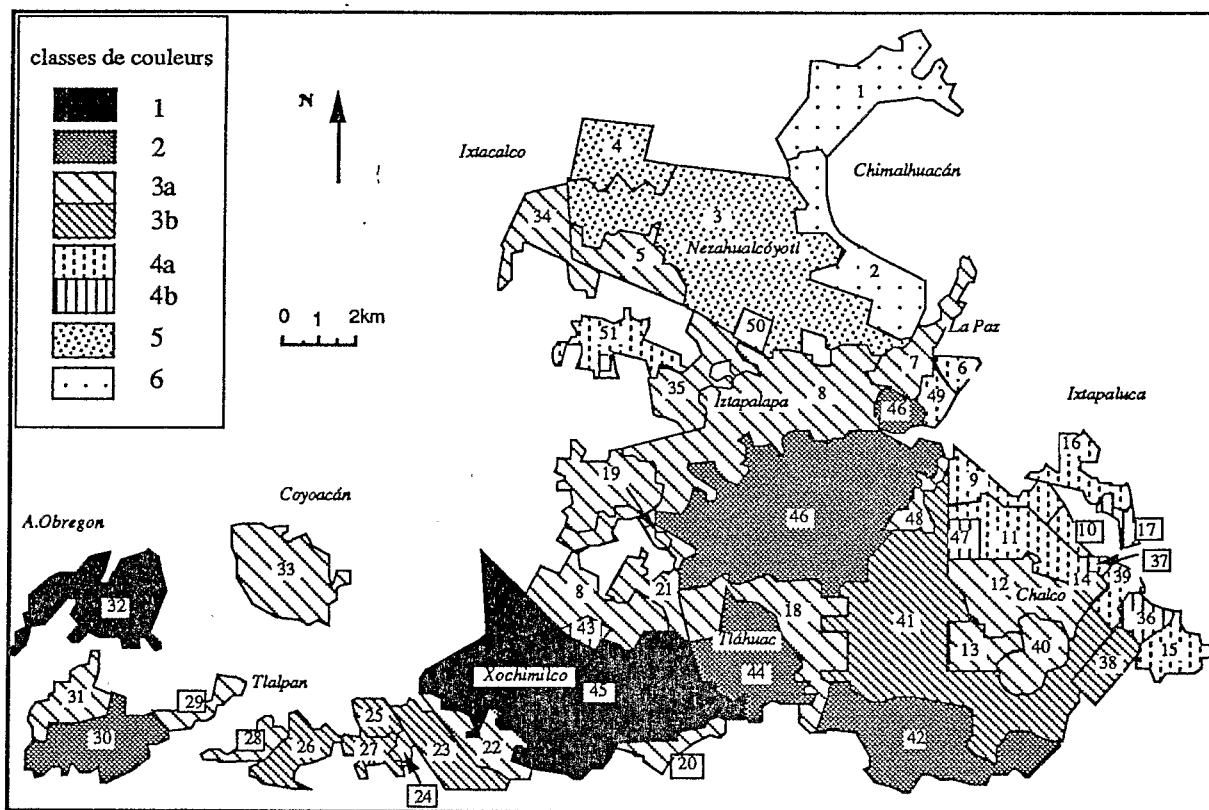


Figure 6 : Distribution spatiale des six classes de couleurs.

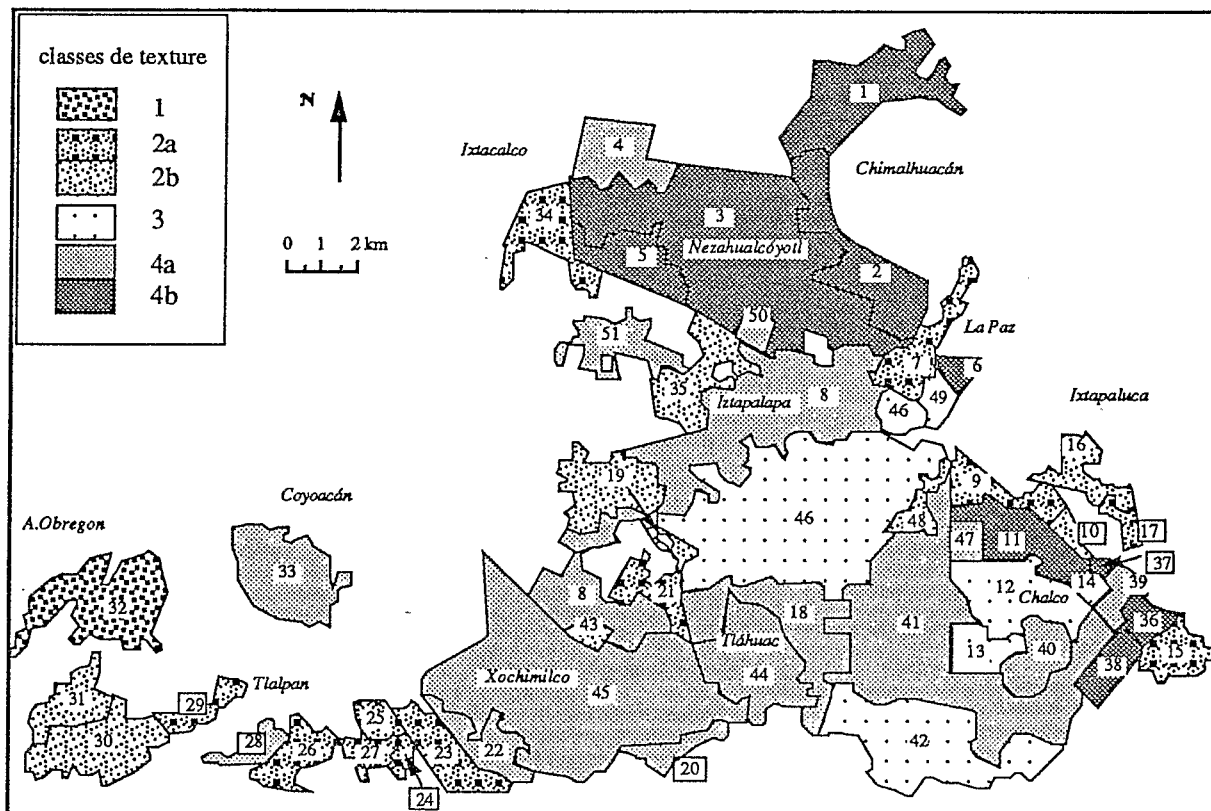


Figure 7 : Distribution spatiale des quatre types de texture.

Tableau 3 : Principaux thèmes mis en évidence par le croisement des classifications

	ct3	ct4a	ct4b	ct2b	ct2a	ct1
cc1		milieu naturel lacustre avec végétation active abondante				quartier-jardin, végétation active abondante sous forme variée et agencée en petites parcelles
cc2	milieux naturels peu ou pas aménagés, végétation sèche dispersée	milieu naturel aménagé pauvre en végétation active, sol sombre ou inondé		urbanisation dispersée sur sol sombre végétation « sombre » (arborée)		
cc3b		milieu naturel aménagé, sols drainés partiellement inondés, végétation active et sèche par secteur	traces d'urbanisation sur sol sombre, bâti localisé présence de végétation herbacée plus ou moins sèche		urbanisation dense, contrastée grand bâti, présence de végétation (herbacée et arborée)	
cc3a	milieux naturels sans végétation sur sol sombre (humidité), traces d'urbanisation occulte	milieu agricole extensif ou urbanisation dense ou urbanisation localement inondés, végétation active et sèche par secteur	urbanisation dense et consolidée, en cours d'équipement sur sol salin, existence de lots non bâtis	urbanisation de densité moyenne sur sol clair	urbanisation de densité variable, grand bâti traces de végétation	
cc4b		dégradation des sols liée à une pseudo-urbanisation, traces de végétation herbacée spontanée rare et sèche	urbanisation occulte sur sol dégradé, bâti dispersé, végétation herbacée rare et localisée	urbanisation occulte (ou pseudo-urbanisation irrégulière, traces de végétation (herbacée)	urbanisation en cours, îlots en construction, présence de végétation herbacée	
cc4a	milieu naturel, végétation sèche sur sol clair	dégradation de sols clairs liée à une pseudo-urbanisation, absence de végétation	début d'urbanisation ou urbanisation en cours	urbanisation occulte sans végétation ou avec végétation sèche	urbanisation de densité irrégulière, « par paquets » présence de végétation sèche (herbacée et arborée)	
cc5		urbanisation incomplète laissant visible le sol salin	urbanisation dense sous-équipée en voirie stabilisée, existence d'îlots peu densément bâtis, visibilité dominante du sol salin sec			<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> ct3 ct4 ct2b ct2a ct1 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> cc1 cc2a cc2b </div> <div style="text-align: center;"> ↑ - rouges + ↓ bleu-vert + clair - </div> <div style="text-align: center;"> ← plage uniforme- taches-particules-mosziq → </div> <div style="text-align: center;"> ↓ bleu-vert + clair - </div> </div>
cc6		milieu de sol salin dégradé par les activités	urbanisation dispersée sur sol salin			

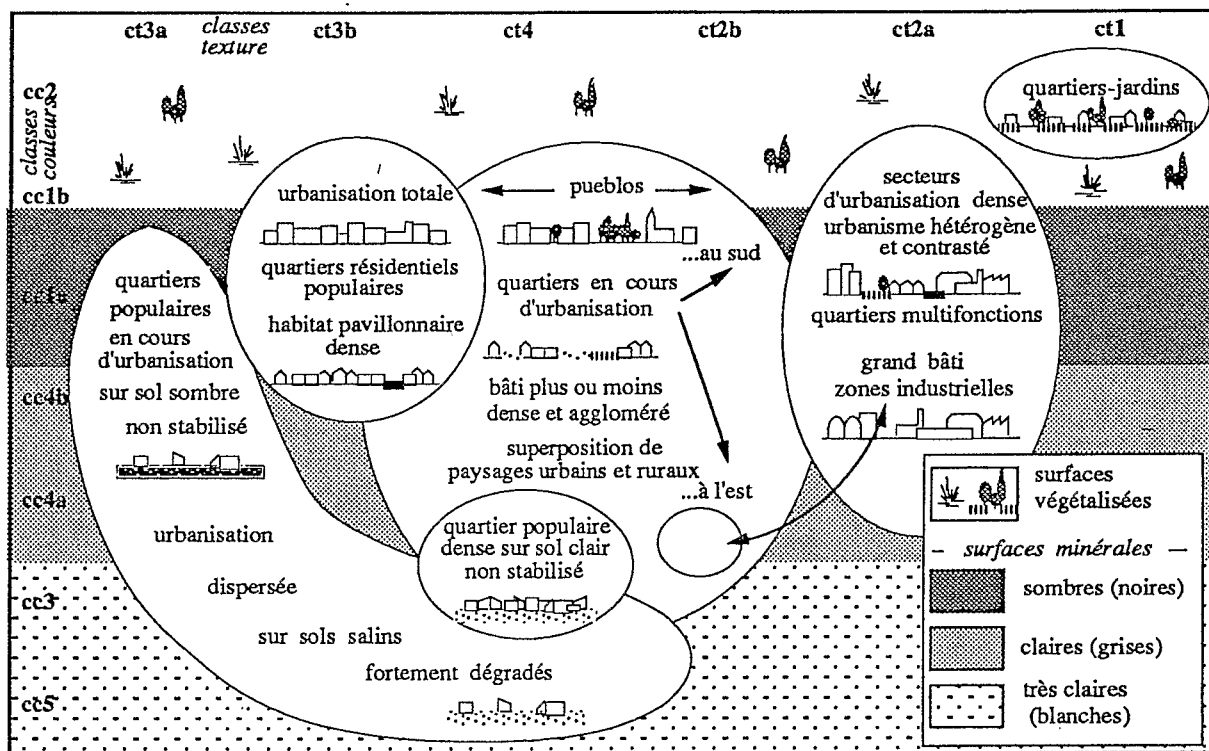


Figure 8 : Les types de quartiers d'après le croisement des classifications d'image.

végétation (sol salin de l'est du bassin) est également typique pour la rareté de la végétation (quartiers de *Nezahualcóyotl*) ; les secteurs les plus anciens voient toutefois se développer de jeunes arbres sur les trottoirs ;

- les quartiers industriels et de services bien repérables sur l'image pour la grande taille du bâti qui les compose (usines, immeubles, dépôts, infrastructures...), situés au nord (*Agrícola Pantitlan*), à l'est (*La Paz*) et au sud-est (*Tláhuac*) ; la qualité médiocre de cette urbanisation laisse peu de place à la végétation pratiquement absente ; on rencontre également dans ce groupe les quartiers mixtes industriels/résidentiels populaires où les bâtis d'activités sont noyés dans les pâtés de maisons le plus souvent à étages ;
- les quartiers multifonctions qui concentrent de nombreux types d'urbanisation sur un espace restreint : résidentiel collectif et pavillonnaire, industriel et de service, infrastructures élaborées, noyau urbain ancien, espaces verts et de loisirs... engendrant des associations locales de paysages mitoyens dont la variété se retrouve dans les contrastes de l'image ; ces secteurs se rencontrent surtout dans les quartiers du sud réservés aux classes sociales privilégiées (*Tlalpan* et *Xochimilco*) ;
- les quartiers en création des fronts urbains, notamment de l'est (*Chimalhuacán*, *Chalco*), caractérisés par un bâti peu dense et dispersé, précaire et de petite taille ; pour cette raison, ils ne sont repérables qu'indirectement sur l'image : par le biais des conséquences de l'urbanisation sur l'environnement : dégradation du sol, disparition de la végétation, impact sur le parcellaire agricole, apparition d'un réseau de communication...
- les quartiers en cours d'urbanisation déjà partiellement construits, mais dont le sol non bâti détermine les caractéristiques locales de l'image (nature, cou-

leur, état, végétation...) ; ces secteurs dont les limites imprécises se perdent dans les divers milieux naturels sur lesquels ils se surimposent, se caractérisent par un bâti populaire, de qualité inégale, plus ou moins dispersé, souvent par « paquets » ; ils correspondent aux quartiers spontanés à forte dynamique urbaine, typiques des invasions de la Vallée de Chalco (*Chalco*, *Chimalhuacán*...), mais aussi de l'extrême sud-ouest (*Ajusco*) ; ces quartiers apparaissent en stade intermédiaire entre les fronts urbains et les quartiers pavillonnaires de type populaire décrits ci-dessus.

CONCLUSION

Notre étude montre que la composition colorée n'est pas seulement un document pédagogique visuel, mais bel et bien une image à part entière. Sous cette forme, la synthèse des trois canaux bruts contient une information riche, d'interprétation aisée, exploitable statistiquement, à partir des structures de l'image mises en évidence de manière automatique. Notre démarche en quatre étapes (analyse visuelle, analyse factorielle, classification et croisement) appliquées à deux critères (couleur et texture) nous a permis une étude détaillée des différents milieux urbains. Nous avons clairement discriminé les secteurs en cours d'urbanisation de l'est et du sud de l'agglomération, par rapport à différentes formes d'urbanisation : quartiers-jardins, populaire dense, polyforme... La méthode n'évite pas, toutefois, une certaine confusion entre deux types de paysage correspondant à des thèmes différents, mais d'apparence très semblable sur l'image : les secteurs à sol sombre dénudé et les quartiers à forte densité de constructions anciennes. Une étape préalable d'amélioration des contrastes locaux (filtres...) permettrait sans doute de lever cette impossibilité.

Quoi qu'il en soit, l'étude montre que l'emploi de la télédétection s'avère très intéressant dans les probléma-

tiques urbaines de développement qui comprennent différents aspects : extension spatiale, dégradation des milieux naturels, violation des règlements spécifiés par le Plan d'Occupation du Sol... Ces questions requièrent le suivi de l'évolution urbaine : estimation des limites, description des nouveaux quartiers, adaptation des infrastructures, état des espaces verts..., études qui peuvent être réalisées par combinaisons d'images acquises à des dates différentes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] IRACHETA A., 1988 : *Los problemas del suelo y la política urbana en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México* in *Grandes problemas de la ciudad de México* ; coordinateurs Zenteno R.B. et Morelos J.B. ; collection : Colección Desarrolla Urbano, Desafíos de una Gran Metropoli , Departamento del Distrito Federal ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 47-95.
- [2] BATAILLON C., 1987 : *Géographie de Mexico d'après une image SPOT1 multibande*, Bataillon C., *Photo-Interprétation*, n° 1987-2, fascicule 5, mars-avril 1987, pp. 47-61.
- [3] EBERHARD J.-M., 1994 : *Urbanisation et développement urbain du sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1989. Étude à l'aide de l'imagerie SPOT* ; thèse de doctorat de géographie ; École des Hautes Études en Sciences Sociales ; 618 pages + annexes ; Paris, mai 1994.
- [4] INEGI, 1984 : *X Censo general de población y vivienda, 1980. Estado de México* ; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ; Mexico D.F ; volume 1, Tableau 1, p. 6-97.
- [5] INEGI, 1991 : *XI Censo general de población y vivienda, 1990. Estado de México* ; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ; Mexico D.F ; volume 1, Tableau 2, p. 3-88.

BULLETIN D'ABONNEMENT

Photo Interprétation

Retourner à :
Éditions ESKA, 27, rue DUNOIS, 75013 PARIS - FRANCE
Tél. 16 (1) 44 06 80 42 - FAX 16 (1) 44 24 06 94

OUI, je désire souscrire un abonnement à la revue PHOTO INTERPRÉTATION
(1 an - 4 numéros + suppléments)
(Frais de port par avion en sus)

Pour l'année 1995

FRANCE 1 104 FF
 ÉTRANGER 1 276 FF

Ci-joint mon règlement

Nom :

Société :

Adresse :

Ville : Code postal : État : Pays :

	Année 1993 :	290 FF	Année 1989 :	185 FF
Prix de vente au numéro	Année 91-92 :	250 FF	Année 1988 :	175 FF
	Année 1990 :	190 FF	Année 1987 :	165 FF

THE QUARTERS OF THE SOUTH-EAST SIDE OF MEXICO CITY SEEN FROM A SPOT IMAGE

Jean-Michel EBERHARD

SUMMARY

Although the 1980's saw a slowing down in the rate of population increase in Mexico city and its suburbs (almost 17 million inhabitants in the 1990 census), the rate of growth in the urbanized surface area is still very high because of internal migratory movements: movement of underprivileged sections of the population from quarters where land values are increasing to outlying areas. These movements result in the creation of quarters in the far outlying areas, especially to the north-west and south-east of the urban area (Fig. 1). Among the suburbs in question, the Valley of Chalco has shown itself to be one of the fastest changing, particularly towards the end of the 1980's. A remote sensing study of the newly built quarters compared with other older quarters turned out to be particularly instructive.

We carried out our study using a colour composite prepared from a 1986 SPOT image. Our satellite information processing method involved four phases :

- a visual analysis of the colour composite (Fig. 2 and 3) allowed "learning" of the image colours and features in relation to the more general geographic information. In this way we determined the criteria for our analysis : image colour (Fig. 4) and texture (spatial arrangement of colours in a given space, measured by the entropy in this case) (Fig. 5). These two criteria were then used to delimit the image sectors displaying a continuity in these features ;
- the Correspondence Factor Analysis method was applied to two types of data individually : colour data and texture data. This stage enabled an in-depth study of the richness of information contained in the colour composite : relationships between colours, between colour groups and image sector groups, similarities and differences, etc. The major forms of land utilization were found in the factor plans (natural environments, recent and old urbanized areas, residential and industrial quarters, etc.) (Tables 1 and 2) ;
- all these similarities were disclosed by two Ascending Hierarchical Classifications applied individually to each of the criteria. The colour classes provide information on the nature of the dominant surface materials (mineral/vegetation and composite discrimination), while the texture classes determine the grouping together of sectors with comparable degrees of homogeneity (broken up or smooth surfaces, agglomerates). The image sectors can thus be characterized according to their classes (Fig. 6 and 7) ; the class analysis nevertheless shows that the criteria induce confusion when used separately (example : it is impossible to distinguish green areas within the city from agricultural land by colour alone) ;

- many ambiguities can be removed by cross-comparison of classes because this enables classes to be mutually split up. Thus, vegetation covered areas in the urban environment can be distinguished from those in the natural environment by their high degree of heterogeneity. This cross-comparison can be used to evidence major land utilization themes (Table 3), where the natural and urban environment themes are particularly recognizable.

The method is therefore based on the complementarity of our two description criteria. It enables urbanized sectors to be differentiated from the others shown on the image. By reapplying the same process in four steps to just the urban image, a more detailed typology of the quarters can be produced. The image enabled us to highlight six broad types of quarters (Fig. 8) :

- the *garden-quarters* of the luxury residential area to the south-west of the built-up area ;
- the *working class housing estate quarters* with a high density of structures consolidated in concrete block agglomerates ;
- the *industrial and services quarters* featuring large-sized structures (factories, office blocks, depots, infrastructures, etc.) ;
- the *multipurpose quarters* in which numerous types of urbanisation and urban landscapes are concentrated in a limited area ;
- the *quarters under creation* on the urban edges, notably to the east of the built-up area, which are characterized by sparsely scattered small precarious structures, indirectly identified on the image (by the consequences of urbanization on the environment) ;
- the *quarters undergoing urbanization*, partly developed with working class homes of varying quality dispersed to a greater or lesser extent, often in "small groups" .

Our study proposes an approach integrating the information from the visual analysis with that from sophisticated statistical studies. Integration is made possible by the use of the colour composite, a visual medium which facilitates the interpretation of results by linking each work step with the initial exogenous information.

REFERENCES

See French text.

LIST OF FIGURES

- Figure 1 : The Mexico City urban area and the study zone.*
Figure 6 : Spatial distribution of the six colour classes.
Figure 7 : Spatial distribution of the four texture types.
Figure 8 : The types of quarters from cross-comparison of the image classifications.

LOS BARRIOS DE LA PERIFERIA SUDESTE DE MEXICO SEGUN UNA IMAGEN SPOT

Jean-Michel EBERHARD

RESUMEN

Si bien en los años 80 el crecimiento demográfico de la aglomeración de México se hizo más lento (la aglomeración totalizaba 17 millones de habitantes, según el censo de 1990), el crecimiento de la superficie urbanizada sigue siendo fuerte, debido a los movimientos migratorios internos: las poblaciones desfavorecidas de los barrios en los cuales aumenta el valor de los terrenos se desplazan hacia los sectores exteriores. Estos desplazamientos provocan la creación de barrios en la periferia remota, sobre todo en el noroeste y sudeste de la aglomeración (fig. 1). Entre los suburbios concernidos, el Valle de Chalco se presenta como uno de los más dinámicos, sobre todo a fines de los años 80. Un estudio por teledetección de los barrios recientemente construidos, comparados con otros más antiguos, ha resultado particularmente interesante. Hemos efectuado nuestro estudio con una composición coloreada elaborada a base de la imagen SPOT del 22 de marzo de 1986. Nuestro procedimiento de tratamiento de la información satelital comprende cuatro etapas:

- un análisis visual de la composición coloreada (figs. 2 y 3) permitió un « aprendizaje » de los colores y de los diferentes caracteres de la imagen, en relación con informaciones de geografía general. De este modo determinamos los criterios de nuestro análisis: el *color* (fig. 4) y la *textura* de la imagen (distribución espacial de los colores en un espacio dado, medida aquí por la entropía, fig. 5). Estos dos criterios permitieron finalmente delimitar sectores de imagen que presentan una continuidad de tales caracteres;
 - el método del análisis factorial de las correspondencias se aplicó separadamente a los dos tipos de datos: los del color y los de la textura. Esta etapa permitió profundizar el estudio de la riqueza de la información contenida en la imagen coloreada: las relaciones de los colores entre sí, de su grupo con los grupos de sectores de la imagen, sus semejanzas y sus diferencias. Las grandes formas de ocupación del suelo se redescubrieron en los planos factoriales (medios naturales, zonas urbanizadas recientes y antiguas, barrios residenciales e industriales, etc.: cuadros 1 y 2);
 - el conjunto de estas semejanzas se pone de manifiesto gracias a dos clasificaciones ascendentes jerárquicas aplicadas por separado según cada uno de los criterios. Las clases según el color nos informan sobre la naturaleza de los materiales superficiales dominantes (discriminación mineral-vegetal y compuestos), mientras que las clases de textura determinan reagrupamientos de sectores que presentan grados de homogeneidad comparables (superficies fragmentadas o lisas, aglomerados). Los sectores de imagen pueden caracterizarse, pues, según sus clases de pertenencia (figs. 6 y 7); sin embargo, el análisis de las clases muestra que los criterios dan lugar a confusiones cuando se emplean separadamente (por ejemplo, es imposible discriminar, en función de los colores únicamente, los áreas verdes urbanos de las superficies agrícolas).
- el cruce de las clasificaciones disipa numerosas ambigüedades, pues permite la mutua descomposición de las clases. Por ejemplo, las superficies vegetadas de la zona urbana se reconocen por su fuerte heterogeneidad con respecto a las del medio natural. Gracias a este cruce pueden ponerse de manifiesto los grandes temas de la ocupación del suelo (cuadro 3), donde se reconocen, en particular, los temas de los medios natural y urbano;

El método utiliza, pues, la complementariedad de nuestros dos criterios de descripción. Permite discriminar los sectores urbanizados de los restantes representados en la imagen. Aplicando nuevamente este mismo procedimiento a la imagen urbana únicamente, resulta posible producir una tipología más detallada de los barrios. Gracias a la imagen, se han podido poner de manifiesto, en particular, seis grandes tipos de barrios (fig. 8):

- los *barrios-jardines* de residencias lujosas del sudoeste de la aglomeración;
- los *barrios de pabellones de tipo popular*, con fuerte densidad de construcciones de material consolidado en aglomerados de cubos de hormigón;
- los *barrios industriales y de servicios*, constituidos por construcciones de gran tamaño (fábricas, grandes edificios, depósitos, infraestructuras, etc.);
- los *barrios en creación* de los frentes urbanos, sobre todo al este de la aglomeración, caracterizados por una edificación poco densa y dispersa, precaria y de pequeño tamaño, identificable indirectamente en la imagen (consecuencias de la urbanización para el medio ambiente);
- los barrios en trance de urbanización, edificados parcialmente por construcciones de tipo popular, de calidad desigual, más o menos dispersas, a menudo en « paquetes ».

Este estudio propone un enfoque que integra la información proveniente del análisis visual con la que proviene de estudios estadísticos elaborados. La integración es posibilitada por el uso de la composición coloreada, soporte visual que facilita la interpretación de los resultados, relacionando cada etapa del trabajo con las informaciones inicial y exógena.

REFERENCIA

Véase el texto francés.

LISTA DE LAS FIGURAS

Figura 1: La aglomeración de México y la zona estudiada.

Figura 6: Distribución espacial de las seis clases de colores.

Figura 7: Distribución espacial de los cuatro tipos de textura.

Figura 8: Los tipos de barrios según el cruce de las clasificaciones de imagen.

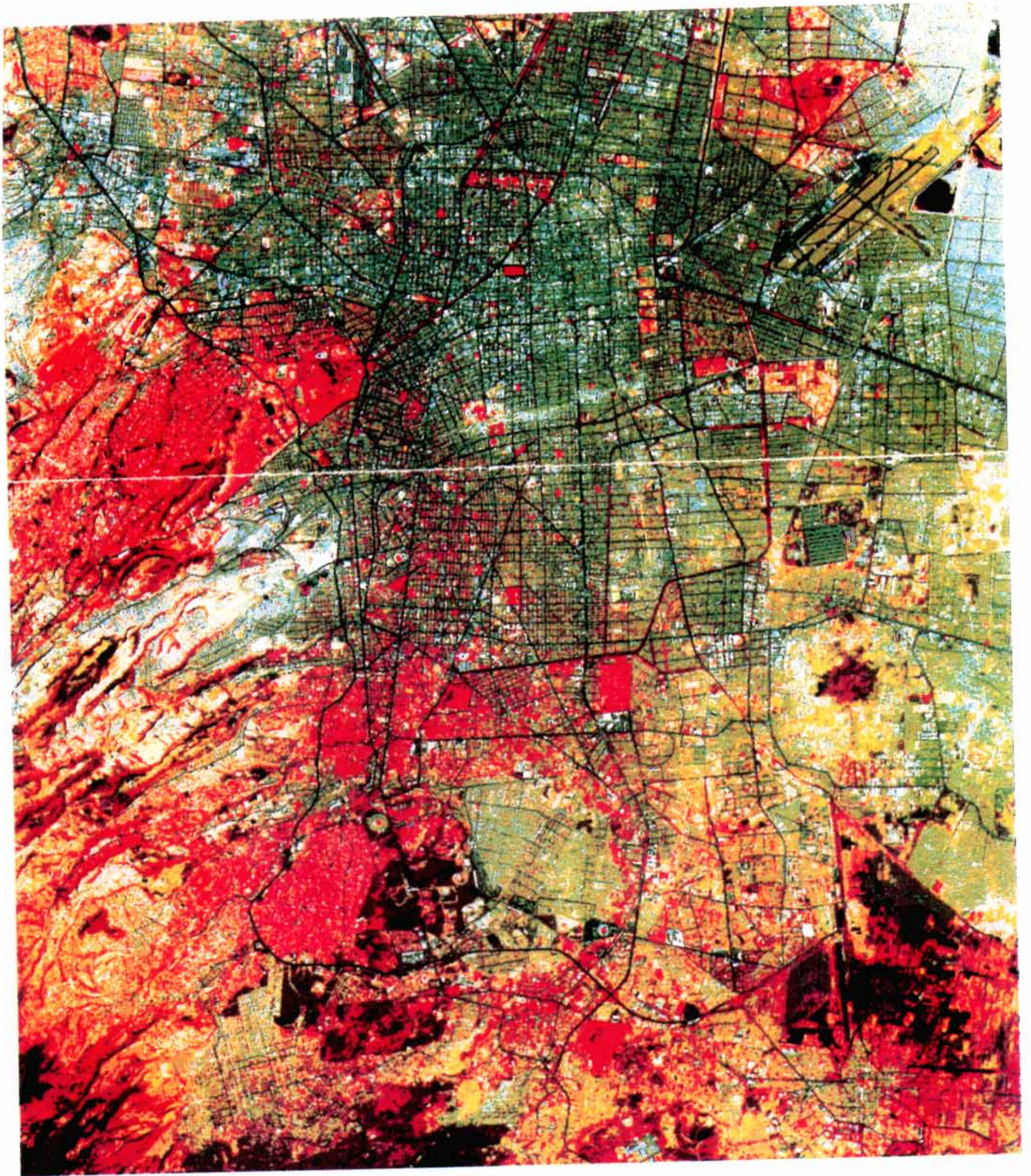


Figure 2 : Composition colorée, secteur sud-ouest de l'agglomération de Mexico
 Figure 2 : Colour composite of the south-west sector of the Mexico City urban area
 Figura 2 : Composición coloreada, sector sudoeste de la aglomeración de México

M MEXIQUE	CNES SPOT 1 XS 1 2 3 scène 588-311	22/03/86 17 h 12 TU	0 0,5 1 2 km	1 : 50 000 feuille Mexico E14-A39
			$\lambda = 0,50 - 0,59 \mu\text{m}$ $\lambda = 0,61 - 0,68 \mu\text{m}$ $\lambda = 0,79 - 0,89 \mu\text{m}$	

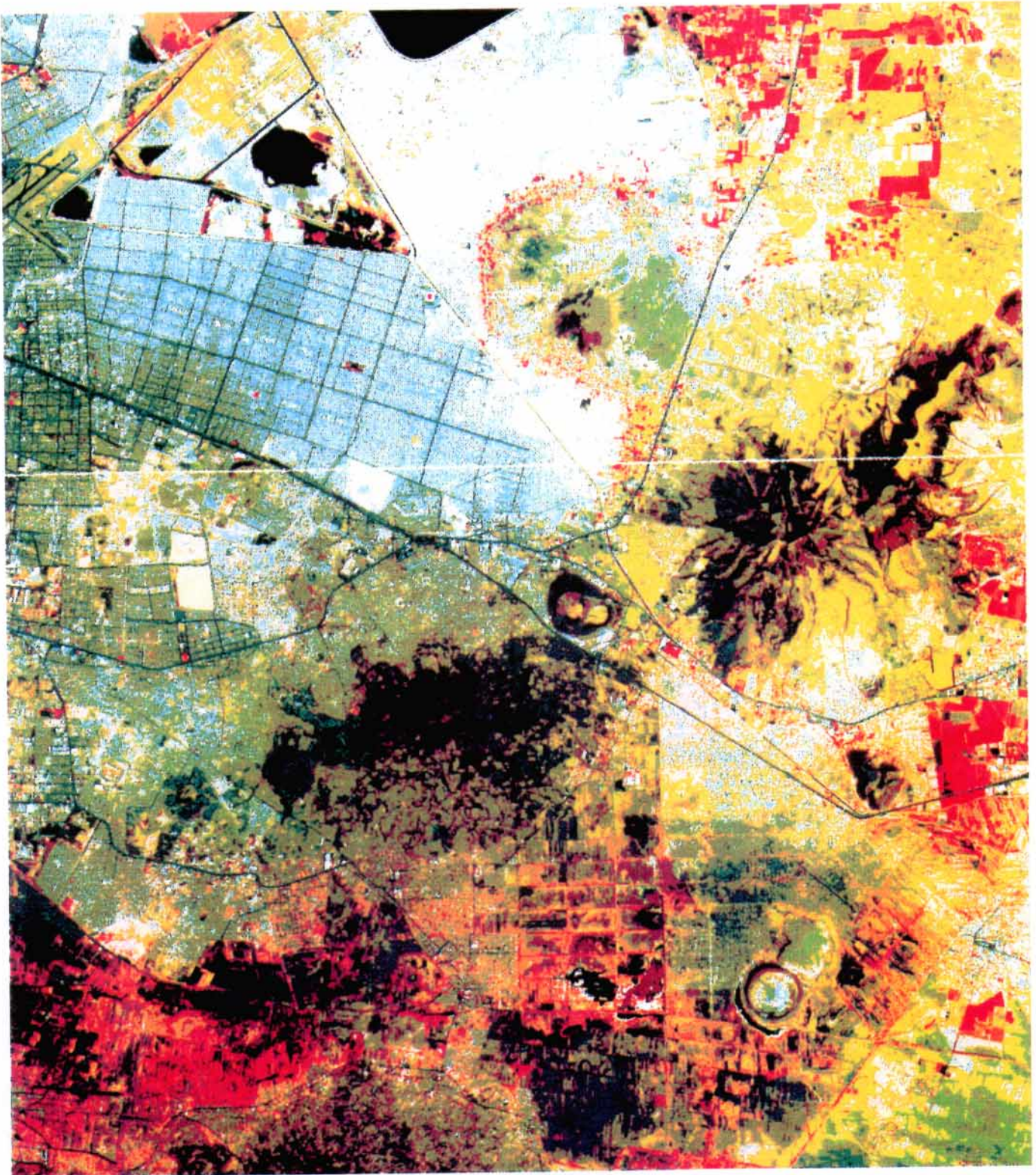


Figure 3 : Composition colorée, secteur sud-est de l'agglomération de Mexico

Figure 3 : Colour composite of the south-east sector of the Mexico City urban area

Figura 3 : Composición coloreada, sector sudeste de la aglomeración de México

M MEXIQUE	CNES SPOT 1 XS1 2 3 scène 588-311	22/03/86 17 h 12 TU	0 0,5 1 2 km	1 : 50 000 feuille Chalco E14-B31
			$\lambda = 0,50 - 0,59 \mu\text{m}$ $\lambda = 0,61 - 0,68 \mu\text{m}$ $\lambda = 0,79 - 0,89 \mu\text{m}$	

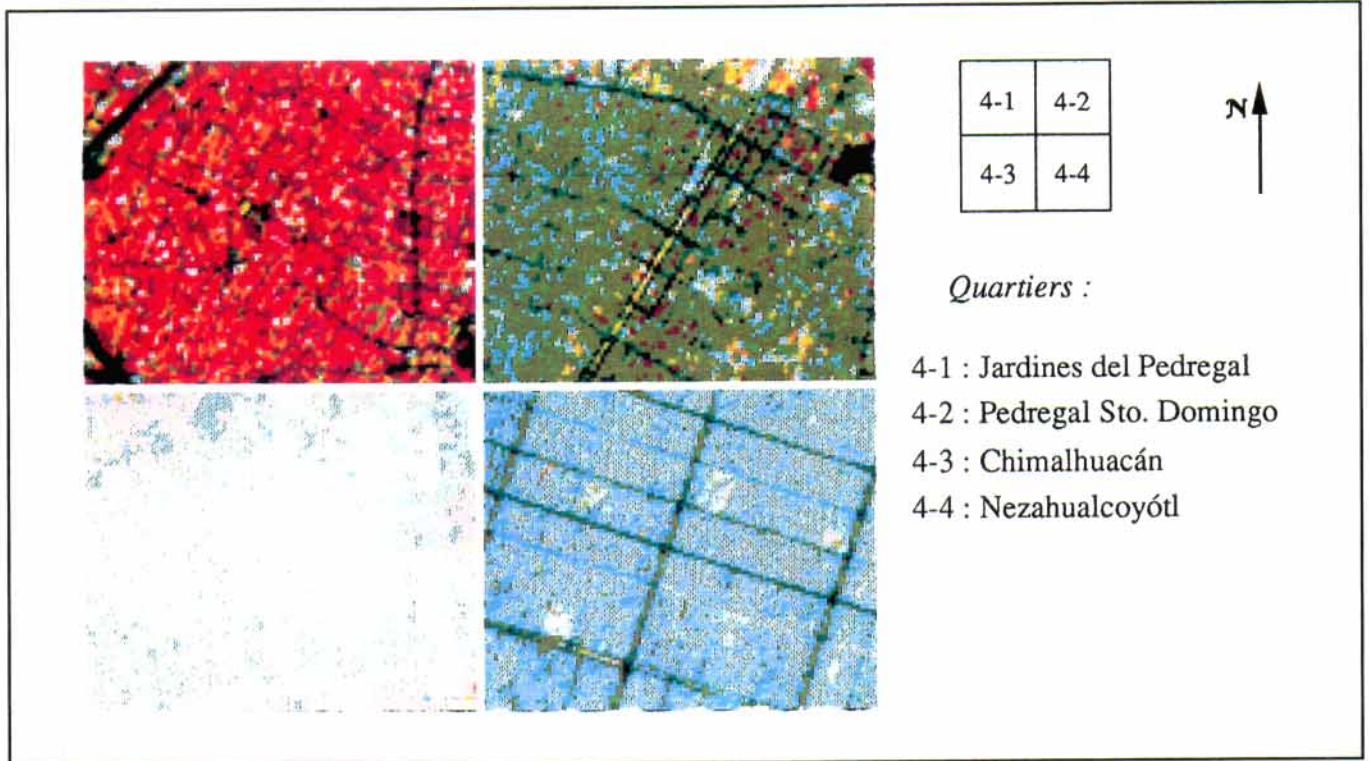


Figure 4 : Couleurs dominantes correspondant à quatre quartiers différents (composition colorée)

Figure 4 : Dominant colours corresponding to four different quarters (colour composite)

Figura 4 : Colores dominantes correspondientes a cuatro barrios diferentes (composición coloreada)

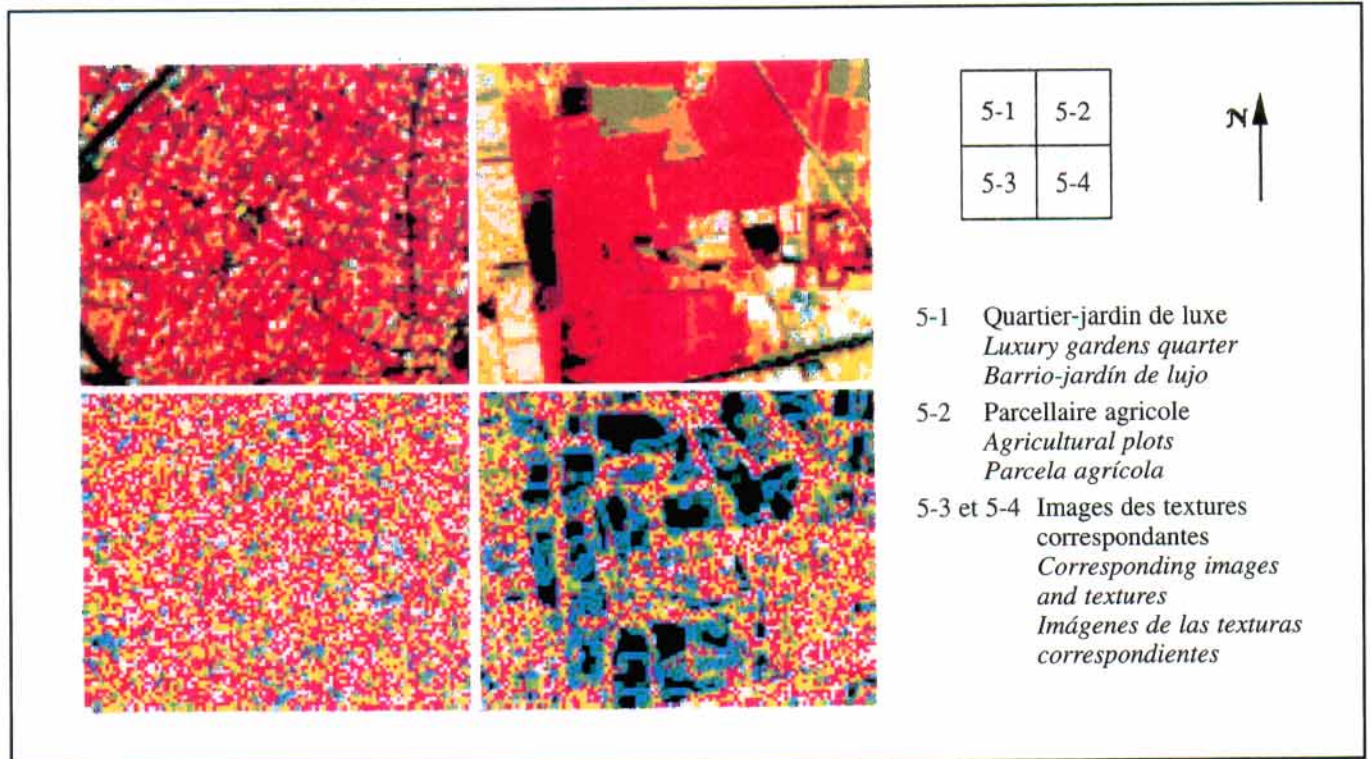


Figure 5 : Différentes distributions spatiales de mêmes couleurs, et images de texture correspondantes

Figure 5 : Different spatial distributions of same colours, with corresponding images and textures

Figura 5 : Diferentes distribuciones espaciales de iguales colores et imágenes de textura correspondientes

M MEXIQUE	CNES SPOT 1 XS 1 2 3 scène 588-311	22/03/86 17 h 12 TU	<div style="text-align: center;"> </div> $\lambda = 0,50 - 0,59 \mu\text{m}$ $\lambda = 0,61 - 0,68 \mu\text{m}$ $\lambda = 0,79 - 0,89 \mu\text{m}$	1 : 50 000 feuille Mexico E14-A39
------------------	--	------------------------	--	--------------------------------------

Photo Interprétation

images aériennes
et spatiales

de l'us / l'us 277

NUMÉRO 1995-1

Volume 33

SOMMAIRE • CONTENTS

95-1 1	<i>ow</i> A. LEGELEY-PADOVANI, C. MERING, R. GUILLANDE, D. HUAMAN Méthode de cartographie des coulées de lave par traitement des images SPOT L'exemple du Sabancaya (Pérou) 3
95-1 2	<i>ow</i> P. COUTERON, G. SERPANTIÉ Cartographie d'un couvert végétal soudano-sahélien à partir d'images SPOT XS Exemple du Nord-Yatenga (Burkina Faso) 19
95-1 3	A. KHODJA, M. HOTYAT, A. CHATELAIN, J.-P. GILG Partition d'une image satellitaire et caractérisation de son contenu par une méthode de segmentation d'images Application à la forêt de Bouconne (France) et à la ville d'Oran (Algérie) 25
95-1 4	<i>ow</i> <u>J.-M. EBERHARD</u> Les quartiers de la périphérie sud-est de Mexico d'après une image SPOT 55
95-1 5	R. LAGANIER Apports des modèles numériques de terrain dans la classification des instabilités de versant à partir d'une image SPOT Exemple du versant nord-ouest du Ningua (Nouvelle-Calédonie) 65
95-1 6	<i>Erratum concernant l'article :</i> J.-P. Deroin, Étienne Motti, <i>paru dans le n° 94/3-4</i> Interprétation géologique des faciès-image de la spatiocarte SPOT-Région de Atar (Mauritanie) Habillage géologique d'une spatiocarte à 1 : 200 000 à partir de l'interprétation visuelle d'une image multispectrale à 1 : 100.000. Influence du transfert d'échelle 64
	Recommandations aux auteurs 3 ^e de couv.
	Bulletin d'abonnement 12, 61

