

UNE METHODE DE DESCRIPTION ET DE MESURES EN MILIEU URBAIN, LES MESURES *IN SITU*

EBERHARD J.M.

RESUME

L'étude des périphéries Sud et Est de l'agglomération de Mexico a nécessité une enquête terrain spécifique pour l'aide à l'interprétation de deux types d'information exploités à partir des Images SPOT: l'information radiométrique et l'information morphologique. La première devant mener à une classification, la seconde à une caractérisation de l'image selon des critères de granulométrie (Morphologie Mathématique) et de texture, cette dernière incluant la notion de voisinage entre pixels.

On a donc choisi un type d'enquête terrain qui capte:

- *une information sur les matériaux de construction, le sol, la végétation ... correspondant à l'information radiométrique de l'image;*
- *une information morphologique: taille des objets urbains... correspondants aux critères de granulométrie, de densité des points sur l'image;*
- *une information de voisinage: espacement des objets, restitution par le questionnaire de la position spatiale respective des objets les uns par rapport aux autres... pour une interprétation de la texture de l'image.*

A cela s'ajoute une information sur la nature-fonction de chaque objet décrit, afin de tenter une approche du type d'occupation de sols. Bien entendu, l'enquêteur ne privilégie aucune catégorie particulière d'objet et prend en compte aussi bien le bâti en élévation, que les espaces aménagés en plat (parkings, jardins...), les réseaux ou les espaces inoccupés...

Etant donné la nature de l'information recherchée, mais aussi de la taille des zones d'entraînement (1.280m x 1.280m sur le terrain), on a préféré une méthode de relevés "linéaire", c'est à dire par déplacement de l'enquêteur le long d'axes, plutôt que la description de surfaces.

Pour chacune des 26 zones, on a donc effectué 4 "coupes" de l'espace urbain, orientées selon au moins deux directions différentes. Le questionnaire dresse une liste des objets rencontrés, réalisant ainsi des séquences du paysage urbain dont les paramètres sont déterminés par les critères précisés ci-dessus.

Réalisée entre avril et août 1990, l'enquête permet l'élaboration d'indicateurs-terrain tels que: proportion d'objets construits en élévation, taille et espacement moyens de ces objets, proportion de matériaux utilisés, proportion de terres non urbanisées, quantité de végétation, quantité et qualité du réseau routier, grands

types d'occupation du sol, et même un indicateur de dynamique d'urbanisation par le nombre d'édifices en construction.

Ces indicateurs peuvent être appliqués à diverses échelles: zone, manzana, lot.

Des relations peuvent être établies entre ces critères-terrain, et les caractères propres de l'image.

INTRODUCTION

Pour une étude de la croissance physique de l'agglomération de Mexico à l'aide des images SPOT de 1986 et 1989, on a cherché à préciser certains caractères des images par une collecte de données terrain spécifique à notre problématique¹. En fonction d'objectifs que nous présenterons brièvement, nous avons déterminé le type d'information à collecter et les règles de l'enquête. A défaut de relations plus directes avec l'image, nous exposerons également quelques remarques à partir des premiers résultats.

1 - OBJECTIFS DE L'ENQUETE

L'étude de télédétection tente de mettre en évidence la croissance de la ville par l'observation et la mesure des modifications des caractères de l'image entre deux dates. Mais il ne s'agit pas seulement de localiser ces modifications, sinon d'essayer de les caractériser et de reconnaître les grands types d'occupation du sol auxquels les quartiers en mutation semblent se destiner. Ici, l'urbanisation s'avance ou s'intensifie; s'agit-il d'un quartier de constructions de petite taille, de vastes édifices, de maisons en dur ou de carton, l'espace urbain se structure-t-il selon un système de voirie régulier..? Et des informations correspondantes obtenues à partir des images, quelle est la fiabilité et la précision, *jusqu'à quel point* les documents satellitaires peuvent prétendre fournir une information sur la croissance urbaine des métropoles du Tiers Monde?

Notre propos est donc de fournir une description des régions urbanisées selon des critères qui permettent de produire des **indicateurs urbanométriques** compatibles avec les analyses de télédétection, sachant que celle-ci s'appuie sur deux types d'information exploitée des images:

- l'*information radiométrique* (caractères spectraux des objets et leur association en fonction de ces caractères),
- l'*information morphologique* (taille, forme, espacement, fréquence des objets...).

L'un des premiers critères de compatibilité est bien entendu le respect des unités spatiales d'étude: les zones au nombre de 26, de forme carrée de 1280m de coté (128 pixels panchromatiques), de leurs localisation² et distribution dans les

¹ L'enquête terrain s'est déroulée dans le cadre du Projet Chalco: convention ORSTOM/Universidad Autonoma de Mexico de Xochimilco financée par la CEE. U.R. ORSTOM: Ville, Société, Développement; département S.U.D.

² Ces zones ont été choisies sur l'image de 1986 d'après des critères visuels.

quartiers de la périphérie Sud de l'agglomération (Padierna à Chalco) et Est (Chalco à Chimalhuacan), puisque l'étude se limite à cette portion de territoire:

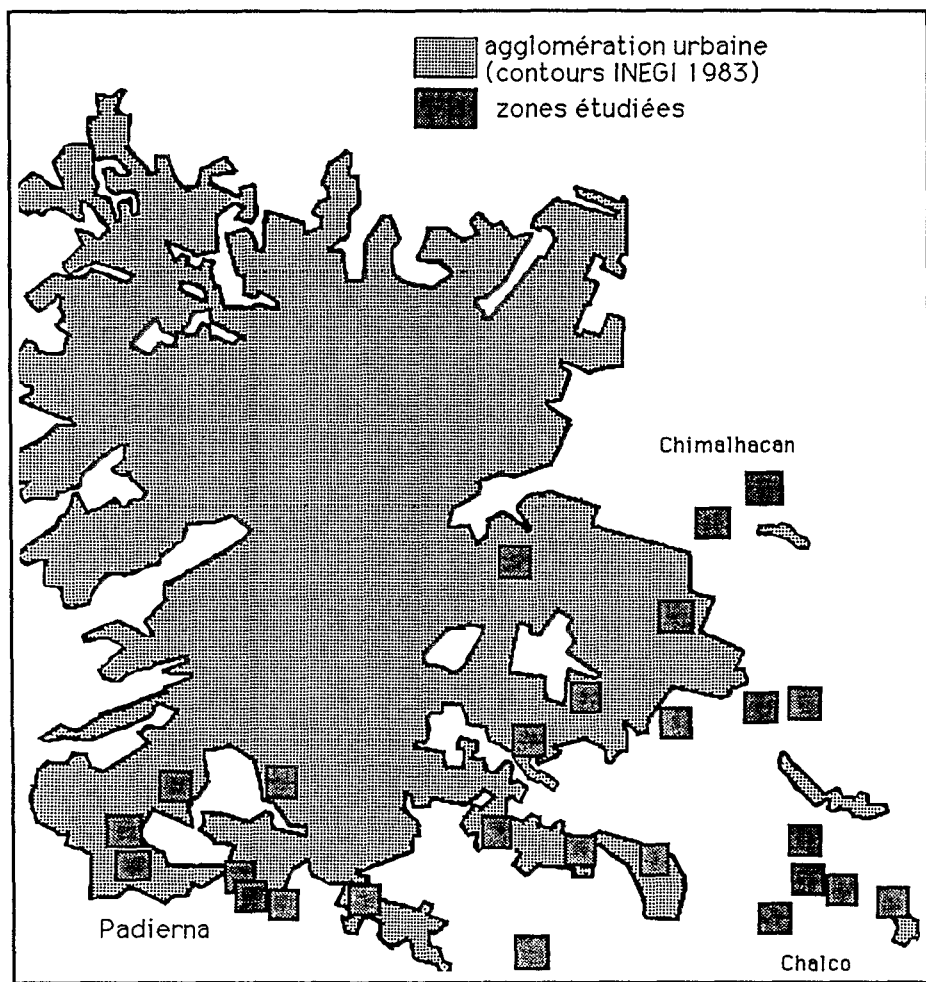


Fig. 1 - Localisation des zones d'entraînement

L'enquête recueillera donc une information sur les constituants du paysage urbain, tel que chaque caractéristique relevée puisse être mise en relation avec un caractère de l'image correspondant (voir plus loin). Mais à cette collecte de renseignements quantitatifs, on essaiera d'apporter une précision sur l'utilisation qui est fait de l'objet mesuré, sa nature-fonction, sans toutefois trop laisser place à l'interprétation de l'enquêteur.

En outre, on a choisi une méthode d'enquête rapide, étant donné l'importance des territoires à couvrir, et qui limite au maximum les contacts avec l'habitant, de façon à engranger une grande quantité de données.

Le Projet Chalco menant par ailleurs d'autres enquêtes, on s'est efforcé de maintenir là aussi une certaine compatibilité entre les divers types d'information, afin de confronter les résultats¹.

2 - PRINCIPES DE LA METHODE

A partir d'un article de T. Brossard et J.C. Wieber (Université de Franche-Comté) qui proposent une méthode de description systématique du paysage², on a dégagé les principes essentiels d'observation et de mesure du paysage visible adaptés ici au milieu urbain. La priorité donnée aux caractères visibles s'explique sans difficulté par la nature-même des données de télédétection établies par des mesures sur des objets physiques³.

Pour effectuer ces observations, deux démarches se présentaient:

- l'étude de surfaces: portions de territoire, choisies et délimitées selon divers critères, dont on décrirait les éléments qui les occupent en terme de proportion de surface (exemple du travail sur Quito qui utilise les *manzanas* comme unité de surface élémentaire⁴);
- la démarche par transects: relevés de mesures contigües au long d'un itinéraire rectiligne.

On a préféré cette seconde démarche pour diverses raisons:

- s'il est aisé de repérer les *manzanas* dans les quartiers déjà bien structurés et bien organisés par les mailles d'une voirie reconnaissable, les îlots sont au contraire inexistantes en l'absence d'un réseau de rues, ce qui est parfois le cas dans les banlieues encore peu urbanisées⁵;
- le transect permet un *balayage* de la zone, c'est à dire une estimation sur son étendue; il est par ailleurs plus compatible avec une étude de certains caractères de l'image comme la texture, ce que ne permet pas aussi facilement une analyse par surface;
- la description du contenu de surfaces nécessite d'enquêter chez les particuliers, c'est à dire de s'exposer à des difficultés parfois sans solution; le gain en précision de l'information ne compense pas, à notre avis, le temps et, corrélativement, la quantité d'information perdus;
- alors que la démarche par *manzana* se sert de la voirie pour limiter son aire d'étude, le transect permet de capter une information plus fournie sur le

¹ Toutefois, pour des contraintes propres au système d'infographie développé dans le Projet, le découpage des territoires enquêtés a été effectué différemment de celui du travail de télédétection. Les zones ne sont donc pas strictement superposables.

² *Essai de formulation systématique d'un mode d'approche du paysage*, Bulletin de l'Association des Géographes Français, n°468, pp.102 à 111, Paris, 1980,

³ On fera remarquer la rareté, pour ne pas dire l'inexistence, des informations pourtant élémentaires concernant l'aspect physique du milieu urbain: taille et espacement du bâti, matériaux employés, surfaces végétalisées, voies de communication... Les études existantes sur la ville de Mexico présentent peu de descriptions et traitent le plus souvent des conditions ou des conséquences de l'urbanisation plutôt que de ses caractères immédiatement accessibles.

⁴ *Observation démographique à l'aide de l'imagerie SPOT sur la ville de Quito*, Rapport final, 1988, Dureau f. Duchemin JP. et al., convention CNES-ORSTOM Paris;

⁵ La délimitation d'éventuels îlots sur photo aériennes n'est pas non plus toujours évidente dans de telles zones.

réseau: tracé général des rues, régularité du réseau¹, éventail et proportion des matériaux utilisés...

- le transect dresse une liste des objets que l'enquêteur rencontre sur son itinéraire; cette liste conserve l'ordre et le rythme de succession de ces objets, que l'on peut mettre en parallèle avec les caractères de l'image.

Ce dernier point est important si l'on considère que l'ordre et le rythme des objets rencontrés sur une portion de territoire n'est pas quelconque, mais possède une signification et traduit une structure du paysage, ce que ne contiennent pas des rapports mathématiques de longueurs ou de surfaces. Capter l'enchaînement des objets implique les notions d'orientation et de translation de l'observation.

Si elle permet une analyse de l'ordonnement des objets, la méthode n'empêche pas pour autant une analyse globale plus classique des distributions: moyennes, écarts-types, proportions, rapports divers...

On a relevé quatre transects par zone, tirés au hasard, le long des passages fréquentables par les enquêteurs, c'est à dire le long des rues en zones fortement urbanisées ou à lots cloturés. On a cherché à réaliser des itinéraires rectilignes, mais les conditions du terrain ont souvent obligé les enquêteurs à s'écarter du droit chemin (rue courbe ou interrompue, obstacle naturel ou construit...); on a cependant traversé les zones de part en part dans tous les cas.



Fig. 2 - Exemple de transects dans une zone

Voyons maintenant les informations recueillies par l'enquête et comment l'espace a été codé.

¹ On sait en effet que de nombreux quartiers d'Amérique Latine s'organisent classiquement *en damier* caractérisé par l'espacement et la rectilignité des rues, elles-mêmes hiérarchisées selon leur importance: rues/avenues.

3 - LES QUESTIONS-TERRAIN

Nous avons choisi pour objectif d'enquête de capter une information qui pourrait aider à l'interprétation de l'image par l'intermédiaire d'indicateurs mis en relation avec ceux calculés à partir de l'image, d'après les deux types d'information retenus.

On a cherché à caractériser trois grands types d'objet: le bâti (éléments construits en élévation), la voirie et l'inter-bâti¹ (quelqu'en soient l'usage et le matériau de surface), dont on a relevé les caractères suivants:

- le bâti:
 - la taille au sol,
 - la hauteur (nombre d'étages),
 - le matériau dominant,
 - la nature-fonction;
- la voirie:
 - la largeur,
 - la rectilignité (ou courbure),
 - le revêtement;
- l'inter-bâti:
 - la taille,
 - le matériau de surface (présence de végétation...),
 - la nature-fonction,
 - la présence d'arbres;

Ces informations permettent de caractériser la zone enquêtée:

- la densité, l'agglomération, la taille moyenne du bâti, la fréquence des successions bâti/inter-bâti,
- les proportions des matériaux utilisés ou de couverture naturelle, l'homogénéité de distribution de ces matériaux,
- la hiérarchie, le nombre des rues, la structure du quartier, la fréquence et la régularité de la voirie, la taille des îlots, les matériaux de revêtement,
- la densité, la taille moyenne des surfaces végétalisées, leur concomitance avec des éléments bâtis,
- le type d'occupation du sol schématisé en quelques grandes classes: zone industrielle, résidentielle précaire, de luxe, zone mixte... la mise en évidence des centres locaux de service, leur répartition (commerces),
- le dynamisme du quartier (nombre des chantiers), les zones à forte probabilité d'urbanisation (terrain vague).

Pour calculer ces caractères, la méthode permet une définition variable de l'objet. En effet, un même paysage peut être perçu selon la géométrie, la *couleur* (matériau) ou la nature-fonction de ses constituants. Ainsi, on peut distinguer trois types d'objets selon trois définitions différentes:

- l'**objet-morphologie** est déterminé par sa géométrie: construit en élévation ou non; toutes les maisons contiguës peuvent être assimilées en un édifice unique, parce que leur géométrie est semblable par opposition à l'inter-bâti;

¹ L'inter-bâti comprend normalement la voirie, mais nous avons traité celle-ci à part. On entendra donc par *inter-bâti* une portion de territoire qui n'est pas été occupé par un élément construit en élévation et qui n'est pas voie de communication.

- l'**objet-matériau** est déterminé et limité par la continuité d'un même matériau, quelque soit la morphologie, par ailleurs, des éléments qui le composent (par exemple: un immeuble et parking non couvert mitoyens forment un seul *objet-béton* s'ils sont tous deux constitués de ce matériau);
- l'**objet-nature-fonction** est l'objet que l'on peut constituer par regroupement de tous les éléments voisins ayant la même fonction (exemple: deux jardins réunis en un seul, même si l'un est couvert d'herbe et l'autre de gravier).

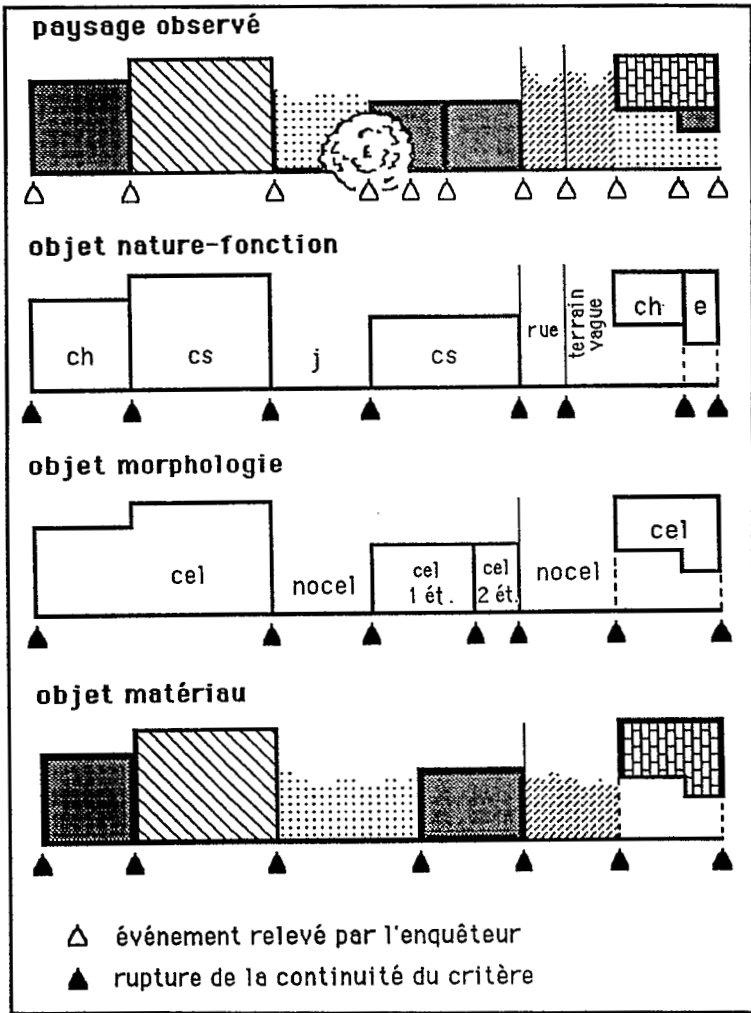


Fig. 3 - Découpage du paysage selon trois définitions d'objet

Cette variabilité de l'extension spatiale des objets, parce qu'ils sont définis selon des critères interchangeables, peut permettre de faire varier les valeurs des indicateurs-terrain eux-mêmes, de façon à les ajuster aux données satellitaires. Les données multibandes sont certainement plus proches des indicateurs d'objets déterminés par les matériaux, que par les morphologies, elles-mêmes peut-être plus en rapport avec l'information panchromatique...

On définira l'événement comme une modification, une discontinuité spatiale de l'un de ces trois critères, de morphologie, de matériau ou de nature-fonction. Chaque événement fait l'objet un relevé.

Les indicateurs-terrain ont été choisis pour être mis en relation avec l'image comme suit:

		I M A G E							
		<i>text</i> (a)	<i>gran</i> (b)	<i>dist</i> (c)	<i>1/f</i> (d)	<i>lin</i> (e)	<i>radio</i> (f)	<i>IVG</i> (g)	<i>assoc</i> ¹ (h)
T	BATI								
	<i>forme</i>	X							
	<i>taille</i>		X						
E	<i>matériau</i>						X		
	<i>nature-fct</i>								X
R	<i>agglomération</i>	X		X					
R	VOIRIE								
	<i>rectilignité</i>					X			
	<i>organ. spatiale</i>				X				
A	<i>revêtement</i>					X			
I	INTER-BATI								
	<i>matériau</i>						X		
	<i>arbre/végétat.</i>							X	
N	<i>nature-fct</i>								X
	<i>distance</i>			X					

Correspondances questions-terrain/questions-image

Bien entendu, les indicateurs-image peuvent être calculés à partir de canaux bruts ou de néo-canaux.

4 - REGLES D'ENQUETE

Comme nous l'avons vu, la collecte de l'information consiste à dresser une liste des objets et à les décrire selon des critères codés. L'enquêteur produit un relevé par objet décrit qui représente une ligne de la liste.

1

(a): texture;
(b): granulométrie;
(c): distance entre éléments;
(d): périodicité;

(e): linéaments;
(f): classif. radiométrique;
(g): indice de végétation;
(h): association des caractères précédents;

4.1 - Caractères mesurés

L'enquêteur utilise le questionnaire-type ci-après pour ses relevés:

Enquêteur		date		heure: de		à		
zone:		transect:		coté obs.: G - D		déplacement: ==>		
OBJET				RUE SUIVIE				OBSERV.
code	mat. ou toit	nbre de pas	arbre	recti ligne	mat.	arbre	nom	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

Formulaire-type employé par les enquêteurs

Les colonnes contiennent les informations suivantes:

- colonne 1:** (*code*) rassemble deux informations: la nature-fonction de l'objet, et le nombre de niveaux pour les objets construits en élévation;
- colonne 2:** (*matériau ou toit*) indique le matériau du toit ou de la surface pour l'inter-bâti. Lorsque le toit n'est pas visible parce qu'il est horizontal, l'enquêteur indique plutôt sa structure: horizontal;
- colonne 3:** (*nombre de pas*) l'enquêteur mesure les longueurs en *pas promeneur*¹ qui séparent deux événements (voir ci-dessus); la longueur de l'objet est celle projetée orthogonalement sur l'axe de mesure;
- colonne 4:** (*arbre*) nombre d'arbres suivi du pourcentage estimé de la longueur de l'objet mesuré couverte par le feuillage;

Le groupe des colonnes de 5 à 8 concernent la rue suivie, mais aussi recueillent les informations des rues croisées que l'on ne peut pas consigner dans les colonnes OBJET (rectilignité et nom);

- colonne 5:** (*rectilignité*) deux options seulement: rectiligne ou courbe.
- colonnes 6 et 7 :** idem que colonnes 2 et 4; le matériau de la rue suivie reste permanent jusqu'à la spécification suivante placé à l'endroit où la rue change de revêtement;
- colonne 8:** (*nom*) nom de la rue suivie ou des rues croisées pour un repérage précis des transects sur les plans;
- colonne 9:** (*OBSERVATIONS*) indications supplémentaires des objets non prévus, lieux photographiés, matériaux composés...

Pour donner au lecteur un aperçu plus concret de l'information recueillie et pour qu'il puisse en juger l'échelle de précision, nous livrons ci-après les codes utilisés:

¹ Pour les traitements ultérieurs, les longueurs sont converties en système métrique, d'après la longueur moyenne du pas de l'enquêteur correspondant, moyenne calculée à partir de plusieurs essais effectués sur 100m de sol plat et dur. Lorsque les transects empruntent des pentes accentuées, on utilise un décimètre.

- *contructions en élévation:*

maison individuelle d'habitation:	ch	+ nombre d'étages
maison individuelle de service:	cs	+ nombre d'étages
immeuble collectif d'habitation:	ih	+ nombre d'étages
immeuble collectif de service:	is	+ nombre d'étages
stationnement individuel couvert:	e	+ nombre d'étages
chantier (avec étage terminé):	ob	+ nombre d'étages
fabrique, usine, dépôt...:	f	
autre (préciser):	o	(==> observations)

- *voirie et inter-bâti:*

rue, avenue:	**
passage, petit chemin:	pa
chantier (sans étage terminé):	ob
stationnement non couvert:	e
terrain de sport, de récréation:	r
cour, <i>patio</i> :	p
terrain vague, friche:	b
terrain à usage agricole:	a
jardin, parc:	j
dépôt non couvert:	d

indéterminé ou sans réponse: 99

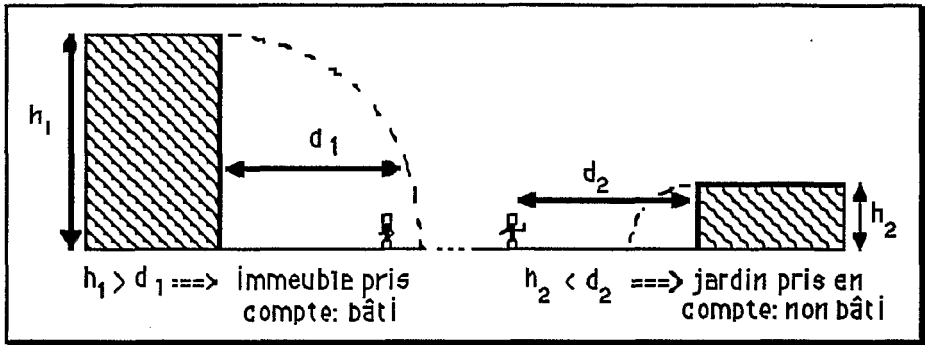
- *codification des matériaux ou du toit:*

construction	métal: m;	tuile: tj	dalle béton: lo;
en élévation	carton: c;	brique: l	fibrociment: a;
			horizontal: z;
inter-bâti	béton: c;	terre: t;	Pierre: p;
	herbe: h;	ordures: b;	poussière: po;
	sable: ar;	roche: rc;	asphalte: af;
	eau: oo;	gravats: cj;	autre: o;

4.2 - Espace mesuré

La méthode par transect implique une perte de l'information dans la seconde dimension, puisque les mesures s'effectuent selon un axe, c'est à dire un espace monodimensionnel, alors que l'espace à représenter est bidimensionnel... Pour compenser cet *aplatissement*, on a orienté les transects dans au moins deux directions différentes pour chaque zone.

Quant à la *profondeur de l'observation*, c'est à dire la distance à son axe que prend en compte l'observateur, on a adopté la règle suivante: lorsque la hauteur (h) de l'objet est plus grande que sa distance (d) à l'observateur, l'objet en élévation est pris en compte. Dans le cas contraire (h < d), l'objet pris en compte est la surface qui sépare l'observateur de l'objet construit en élévation.



Conditions de prise en compte d'un objet cel en profondeur.

Page suivante, on trouvera une simulation de codification d'un paysage en fonction des règles exposées ci-dessus, et la restitution que l'on peut en faire, à partir des relevés.

6 - REALISATION DE L'ENQUETE DANS LA PERIPHERIE DE MEXICO

La réalisation de l'enquête appelle quelques remarques d'ordre pratique.

6.1 - Aspects pratiques

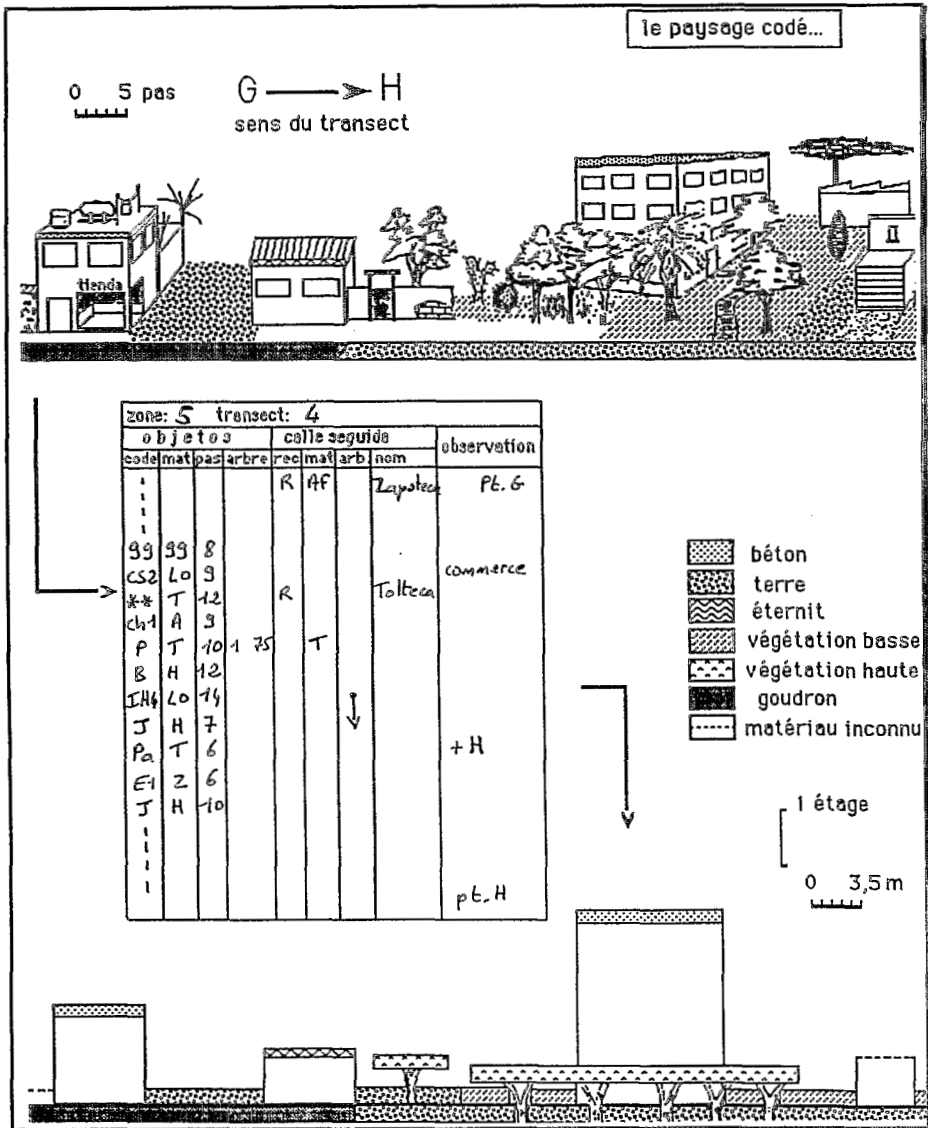
Après quelques essais, nous avons adopté l'organisation qui nous est apparue la plus efficace. Nous avons constitué des équipes de deux personnes, chacune ayant un rôle précis et non interchangeable:

- l'enquêteur ou *descripteur* qui remplit le formulaire selon ce que lui-même observe; il reste éloigné pour avoir une vue d'ensemble de l'objet décrit;
- le *marcheur* qui mesure les longueurs en comptant ses pas; il reste à proximité des objets pour une plus grande exactitude dans ses mesures.

Dans ces conditions, et avec des enquêteurs entraînés, le temps de relevé d'un transect est d'un peu plus d'une heure, mais avec de grandes disparités dans les durées (de 55mn à 1h45mn), selon le nombre d'objets, la facilité d'accès à l'information recherchée. Ces durées n'incluent pas les temps de transport aux lieux d'enquête, ni celui du *ramassage* des enquêteurs.

L'enquête sur Mexico s'est déroulée d'Avril à Août 1990, avec de longues périodes d'arrêt selon la disponibilité du véhicule. Au total, près de 15.000 objets ont été relevés sur 111 transects au long de 160km de rue, quantités auxquels s'ajoutent des transects de comparaison en vue d'estimer les erreurs dues aux enquêteurs eux-mêmes.

Les données ont été saisies sur LOTUS.



6.2 - Les difficultés rencontrées

Les difficultés sont liées aux conditions d'exécution de la collecte de l'information et à la méthode:

- l'accès à l'information n'a pas toujours été facile de par les murs de clôture qui, dans certains quartiers, soustraient fréquemment à la vue les jardins et les cours. La perte d'information due à cette difficulté peut atteindre 3%.
- certaines réalités du terrain ont pris à défaut la nomenclature et ont laissé place à une interprétation de l'enquêteur. Ce flou est particulièrement notable dans l'attribution des étiquettes nature fonction, avec des confusions possibles entre, par exemple, *cours* et *stationnement*, entre *cours* et *passage* ou *dépôt*, si l'habitant stocke des matériaux de construction...

Les transects de comparaison¹ montrent par ailleurs une erreur dans les mesures de longueur de 6 à 8% (erreur calculée sur les longueurs totales), et une erreur du même ordre dans le nombre absolu des objets. L'analyse de ces incertitudes montre qu'il est préférable de travailler sur des classes d'objets plus grossières que celles définies dans la nomenclature, et sur les longueurs rapportées à la longueur totale (proportion d'espace occupé respectivement par chacune de ces classes). Dans tous les cas, la hiérarchie des objets, selon leur nombre ou l'espace qu'ils occupent, est respectée par les enquêteurs.

7 - PREMIERES EXPLOITATIONS

Puisque l'information recueillie concerne les parties élémentaires du paysage, il est possible de calculer des indicateurs à divers niveaux:

- *structurels*: comme nous les avons vus, les objets-morphologie, matériau, nature-fonction,
- *spatial*: le lot, la manzana, le transect, la zone, la périphérie...

7.1 Quelques indicateurs terrain

Les indicateurs élémentaires sont facilement calculables:

- moyenne et écart-type des objets *cel*²;
- distance moyenne entre *cel*;
- nombre, espacement des rues (= taille des manzanas), rectilignité;
- proportion des matériaux, des couvertures végétales;

...

... ainsi que des indicateurs plus élaborés, par exemple le rapport des distances de l'inter-bâti et du bâti:

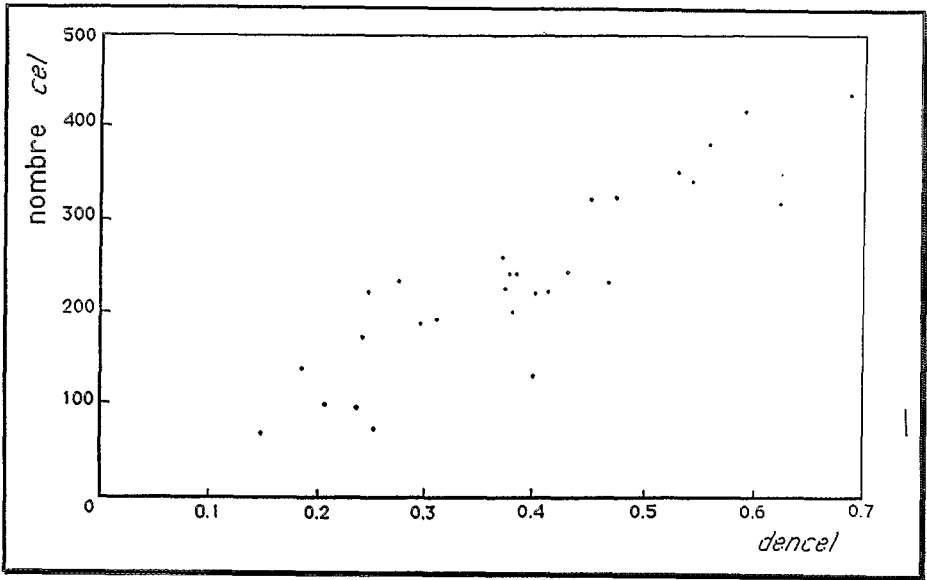
$$I_u = \frac{\text{dinocel}}{\text{dicel}} = \frac{\Sigma \text{distance inter-bâti}}{\Sigma \text{distance bâti}}$$

... ce qui correspond à une zone peu urbanisée, quand $I_u > 1$;
à une zone très urbanisée, quand $I_u < 1$;

Ces indicateurs permettent d'étudier des structures et des morphologies urbaines, indépendamment de tout rapport avec la télédétection. On peut par exemple mettre en relation la proportion d'espace occupée par les constructions en élévation (*dencel*) et la taille de ces éléments (*tacel*):

¹ Un même transect réalisé par 5 des 6 enquêteurs.

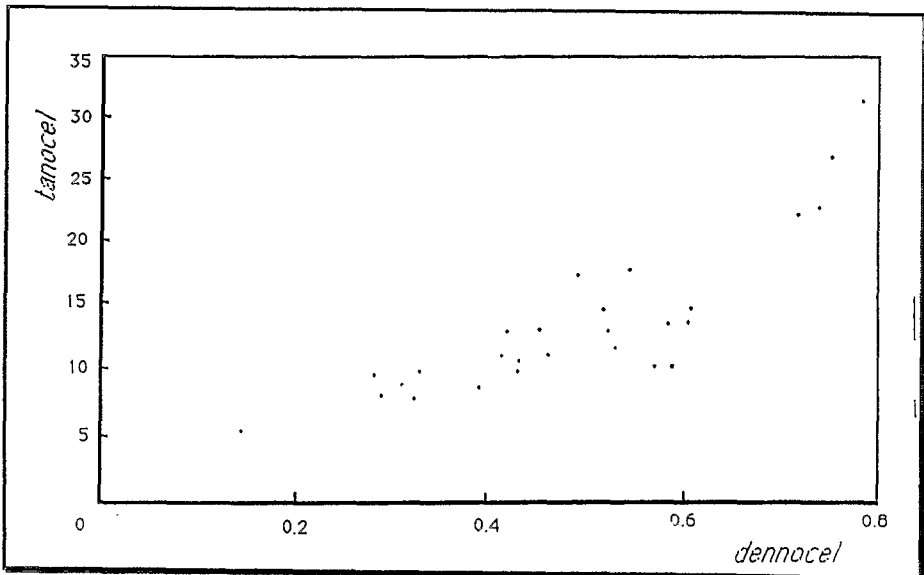
² *cel* = objets Construits en ELévation;
nocel = objets NON Construits en ELévation;



Evolution de la proportion des éléments construits en élévation avec leur nombre - 26 zones.

La courbe ci-dessus montre que la taille du bâti est assez constante, quelque soit le taux d'occupation. On en conclut que ce taux est surtout déterminé par le nombre des éléments.

C'est l'inverse pour les éléments de l'inter-bâti: la proportion de l'espace non-bâti augmente avec la taille des objets (courbe ci-après):

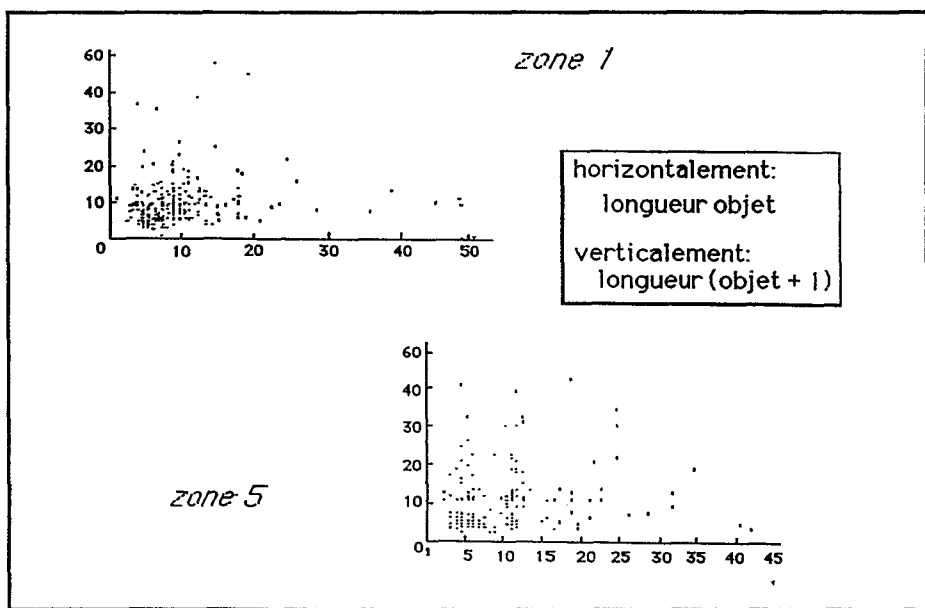


Evolution de la proportion d'éléments non-construits avec leur taille

7.2 Vers un indicateur de texture terrain

On sait que l'un des caractères que l'on tente d'extraire et d'interpréter à partir de l'image, est la texture, envisagée ici comme un indicateur d'homogénéité basé sur l'agencement des niveaux de gris entre pixels voisins. L'équivalent terrain de cet indicateur prendrait en compte la succession des objets dans l'espace, en fonction de leur taille et de leur espacement. La relation avec le niveau de gris de pixels nécessite d'introduire le matériau de surface de l'objet terrain.

En s'inspirant de la méthode des *matrices de cooccurrence en niveaux de gris* précisément utilisée pour quantifier la texture de nos images, on a créé des nuages de points dont les coordonnées (x, y) sont déterminées par la taille de chaque objet (x) et de son voisin (y) . Si des objets de taille régulière se succèdent à des distances régulières, le nuage présente un aspect concentré, resserré autour de la diagonale $(x \approx y)$. Au contraire, un paysage composé d'éléments de taille et de distances très variées donnera un nuage éclaté. Les deux figures ci-après montrent deux zones à la structure différente:



Zones 1 et 5: homogénéité en taille et distance des composants urbains

Sur ces nuages, on retrouve bien la structure des deux zones:

- la zone 1 (colonia San Miguel Teotongo) d'urbanisation dense au nuage concentré dont les points les plus nombreux sont regroupés à l'intérieur d'une fourchette de distance entre 5 et 15m;
- la zone 5 (partie récente de la municipalité de Chalco) caractérisée par une urbanisation plus relâchée (fortes valeurs de certaines distances) et moins homogène (dispersion des points), représentée ici par un nuage étalé.

Mais cette représentation ne tient pas compte de l'alternance des objets selon leur nature (*cel/nocel*, par exemple, mais ce pourrait être en fonction d'un critère de matériau: alternance surfaces végétales/surfaces minérales...), et par

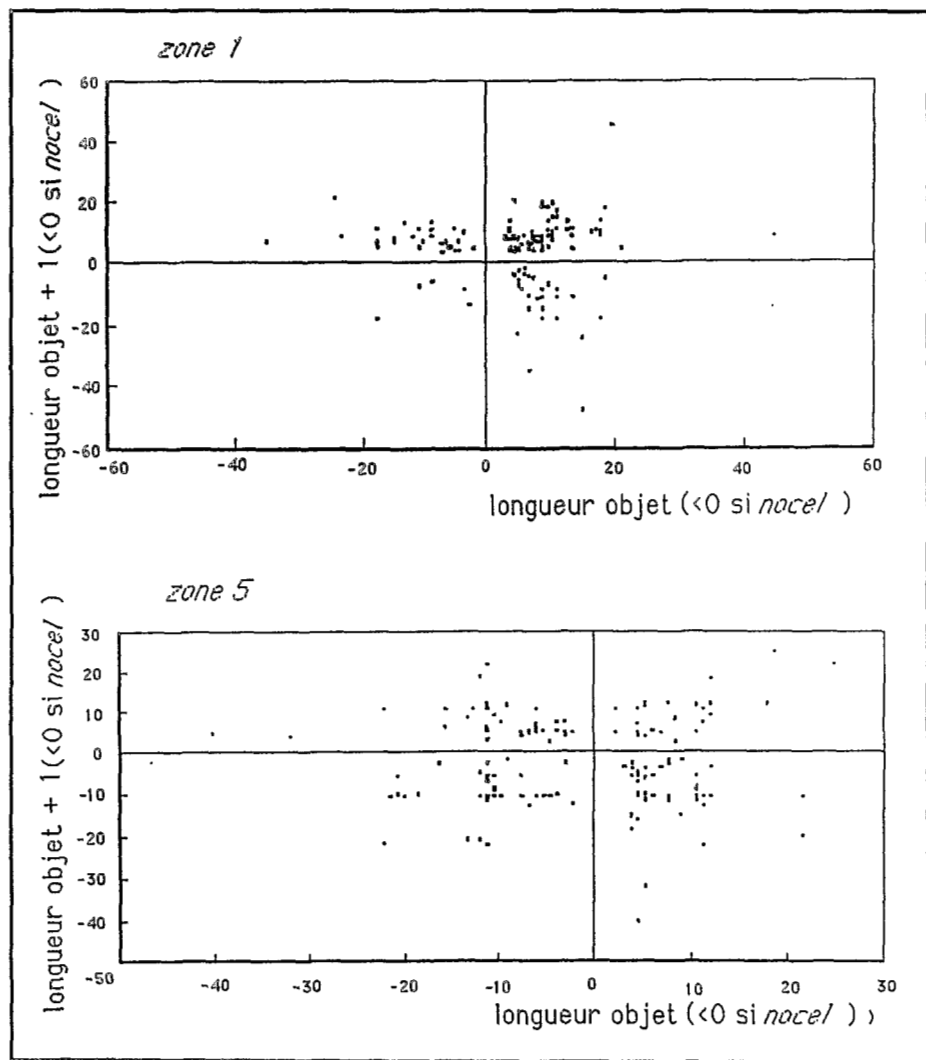
conséquent, on ignore *comment* les objets se succèdent... En modifiant les valeurs caractérisant les objets que l'on veut discriminer, on peut rendre les nuages de points plus riches en information. Ci-après, on a représenté les deux zones en donnant une valeur négative aux objets inter-bâti¹. Le plan est donc divisé en quatre quarts:

quart 1: inter-bâtis suivi d'un bâti

quart 2: bâtis suivi d'un bâti

quart 4: inter-bâtis suivi d'un bâti

quart 3: bâtis suivi d'un inter-bâti



Alternance des constituants urbains selon leur taille et leur morphologie
(bâti > 0; inter-bâti < 0).

¹ Ces nuages ont été construits avec les données initiales: on n'a effectué ici aucun regroupement d'objets, en objets-morphologie par exemple.

Sur ces représentations, les structures énoncées ci-dessus sont vérifiées et précisées:

- zone 1: le bâti, nombreux (351 objets *cel*), est fréquemment suivi d'un autre bâti, de taille sensiblement identique; peu d'inter-bâti se succède à lui-même, mais alterne avec les constructions en élévation; on remarque quelques grands objets *cel* (>20m) qui correspondent à des bâtiments à vocation de service ou des immeubles d'habitation collective;
- zone 5: le bâti est deux fois moins nombreux (189 objets *cel*) et se suit moins fréquemment; au contraire, on rencontre davantage d'inter-bâti; d'une manière générale, les points sont moins concentrés qu'en zone 1, les objets sont donc moins homogènes en taille.

Cette approche permet une analyse de morphologie urbaine tel qu'on la perçoit au sol, mais pour être plus compatible avec l'information satellitaire, ce mode de représentation devrait être constitué à partir des objets matériau.

La méthode des *cooccurrences* (voir ci-dessus) pourrait être utilisée pour caractériser ces nuages, par création d'une matrice des cooccurrences en taille. Cette adaptation présenterait l'avantage d'être compatible avec la méthode de caractérisation de la texture des images. On parlera alors de *texture terrain*.

7.3 - Relations avec les images

Les relations avec l'image n'ont encore été tentées, excepté le rapport direct que l'on a essayé d'établir entre les quantités brutes d'espace occupé par la végétation¹ sur le terrain et la simple moyenne des indices de végétation calculées par zone sur l'image de 1986.

La régression linéaire calculée entre ces deux paramètres pour les 26 zones donne un coefficient de corrélation de 0,72. La relative médiocrité de ce résultat tient en partie du fait que:

- un grand décalage dans le temps sépare l'image et les relevés terrain (3 1/2 ans); nous ne disposons pas encore de l'image de 1989, au moment de cet essai réalisé avec l'image de 1986;
- l'image a été acquise en saison sèche, une partie de l'enquête s'est déroulée en début de saison des pluies;
- la moyenne de l'indice de végétation n'est sans doute pas l'élément de comparaison le plus pertinent.

¹ On a donc travaillé sur les *objets-végétation* reconstitués à partir des matériau relevé comme tel (d_{vgt}), mais aussi en restituant la proportion des objets non-végétalisés (d_{novgt}) couverte par les arbres (P_{arb}). Pour une zone, en fonction de la distance totale mesurée (d_{tot}), on a calculé:

$$D_{vgt} = \frac{\sum d_{vgt} + \sum (d_{novgt} \times P_{arb})}{d_{tot}}$$

CONCLUSION

Nous avons présenté une méthode de description du milieu urbain par transect, qui caractérise les objets constituant le tissu essentiellement à partir de trois critères: la taille, la forme et le matériau, en conservant leur position respective dans l'espace.

Cette méthode s'est révélée facile à mettre en oeuvre, rapide d'exécution, et donc particulièrement adaptée à la collecte d'un grand nombre de données sur de vastes espaces.

La redéfinition des objets que l'on souhaite étudier, la simplicité des concepts impliqués et du mode de représentation, rend possible une grande souplesse de son exploitation. Une classification par transect ou par zone doit permettre de dresser une typologie des quartiers que l'on comparera avec la typologie des zones élaborée à partir des images.