

Thèse de Doctorat  
de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales

préparée sous la direction de Mme Marie-Françoise COUREL

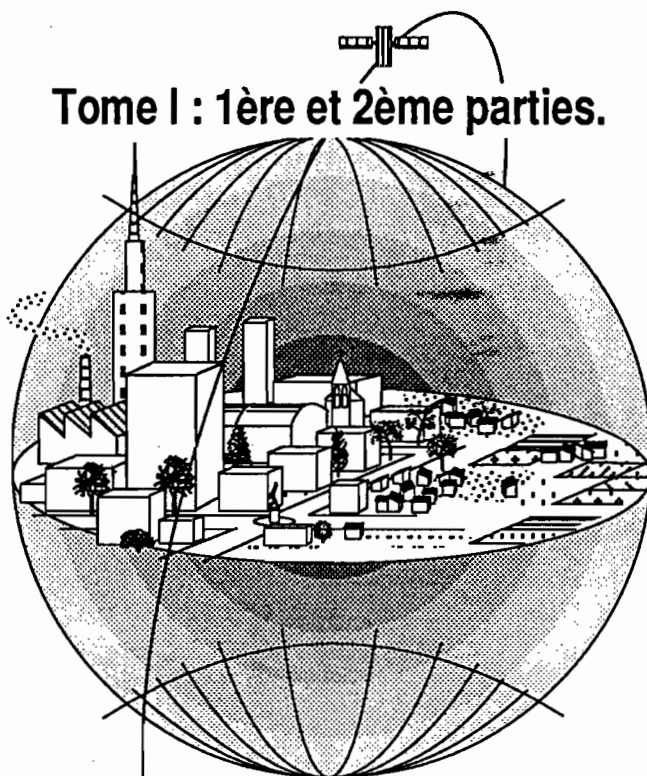
spécialité : Géographie

**Urbanisation et développement urbain  
du sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1989.**

**Etude à l'aide de l'imagerie SPOT.**

par Jean-Michel EBERHARD

**Tome I : 1ère et 2ème parties.**



soutenue le 10 mai 1994 devant le Jury composé de :

Mr. ANTUN Juan Pablo  
Mr. BATAILLON Claude  
Mme COUREL Marie-Françoise  
Mr. GILG Jean-Paul  
Mr. PELTRE Pierre  
Mr. REVEL-MOUROZ Jean

Professeur à l'UNAM - Mexique  
Directeur de recherche au CNRS  
Directeur de recherche au CNRS  
Maître de conférence à la MSH  
Directeur de recherche à l'ORSTOM  
Directeur de recherche au CNRS

Thèse de Doctorat  
de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales

préparée sous la direction de Mme Marie-Françoise COUREL

spécialité : Géographie

**Urbanisation et développement urbain  
du sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1989.**

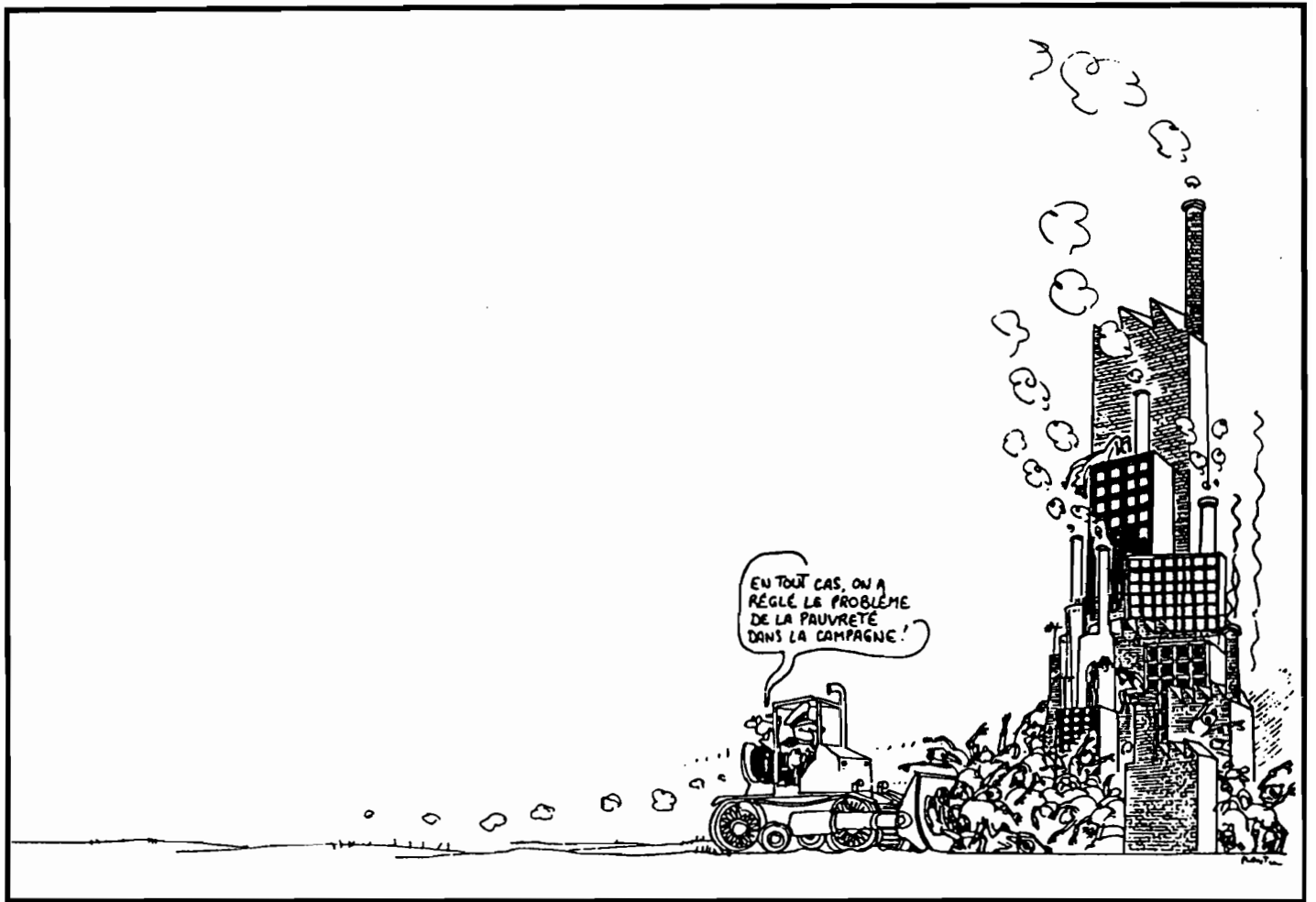
**Etude à l'aide de l'imagerie SPOT.**

par Jean-Michel EBERHARD

**Tome I : 1ère et 2ème parties.**

soutenue le 10 mai 1994 devant le Jury composé de :

Mr.	ANTUN Juan Pablo	Professeur à l'UNAM - Mexique
Mr.	BATAILLON Claude	Directeur de recherche au CNRS
Mme	COUREL Marie-Françoise	Directeur de recherche au CNRS
Mr.	GILG Jean-Paul	Maître de conférence à la MSH
Mr.	PELTRE Pierre	Directeur de recherche à l'ORSTOM
Mr.	REVEL-MOUROZ Jean	Directeur de recherche au CNRS



*dessin de Plantu - Editions La Découverte, 1987  
sujet de l'épreuve de Géographie, baccalauréat 1992,  
Académie d'Amiens.*

## *Avant-propos*

*La réalisation du présent travail a requis d'importants moyens et la mobilisation d'un grand nombre de personnes appartenant à plusieurs institutions mexicaines et françaises ; la problématique de géographie développée à l'aide de la télédétection a en effet nécessité le concours des meilleures compétences dans chacun des domaines abordés.*

*Mes remerciements vont en premier lieu à Marie-Françoise Courel, directeur de recherche à Imagéo, qui a pris en charge la direction de mon travail et dont les directives ont déterminé mes options de recherche. Je la remercie également pour son soutien constant dans les multiples démarches entreprises pour l'obtention de mon Allocation de Recherche, mon affectation au Mexique et la constitution du Jury.*

*J'ai grand plaisir à évoquer ma reconnaissance envers Jean-Paul Duchemin, responsable de l'U.R. SF de l'ORSTOM jusqu'en 1993, pour les efforts qu'il a déployés depuis le début de mon travail et au long de ces années, de telle sorte que j'ai toujours eu à ma disposition les moyens matériels et institutionnels nécessaires au commencement, à la poursuite et à l'achèvement de ma recherche. Qu'il soit chaleureusement remercié pour ses conseils toujours sereins, avisés et conciliants, pour l'honnêteté et la clarté de ses propos, son équité, sa disponibilité et son souci de me permettre de travailler dans les meilleures conditions. J'espère par ce travail, m'être montré digne de son soutien impartial et de sa confiance cent fois renouvelée.*

*Je remercie également Pierre Peltre qui, en 1993, remplaçait J-P Duchemin et continuait l'action constructive de son prédécesseur en me donnant les moyens de conclure mon travail. Qu'il reçoive l'expression de ma gratitude pour avoir bien voulu participer au Jury.*

*Mes remerciements vont également à Christian Mullon et à Jean Pouget, responsables du Laboratoire d'Informatique Appliquée et de l'Unité de Télédétection du Centre ORSTOM de Bondy, pour leur accueil et pour avoir mis à ma disposition le matériel informatique nécessaire au traitement des images utilisées dans ce travail. J'adresse mes remerciements à Catherine Mering pour m'avoir fait bénéficier de son expérience dans la partie de l'analyse des données satellitaires consacrée à l'exploration des*

*caractères morphologiques des images ; ses conseils m'ont été particulièrement utiles dans l'étude de l'un de ces aspects qui est présenté ici : la texture d'image.*

*Ma gratitude va également à Monsieur et Madame Collin-Delavaud de l'Institut des Hautes Etudes d'Amérique Latine qui m'ont permis de recueillir les fonds nécessaires à l'achat de l'image SPOT de 1989, ainsi qu'à Jean-Paul Gilg du Centre d'Analyse de Mathématiques Sociales à la Maison des Sciences de l'Homme, qui en a effectué les démarches d'achat. Tous trois ont rendu possible l'étude diachronique présentée dans la quatrième partie de ce travail. Je souhaite également marquer ici ma reconnaissance envers Jean Revel-Mouroz également de l'IHEAL pour son soutien à mon projet, pour les entretiens qu'il m'a accordés et pour m'avoir accueilli au sein du CREDAL en tant que chercheur-associé. Je remercie Jean Revel-Mouroz et Jean-Paul Gilg d'avoir accepté de participer au Jury de cette thèse.*

*J'ai également trouvé en Claude Bataillon, du Groupe de Recherche sur l'Amérique Latine à Toulouse, un appui bienveillant et une aide précieuse pour la lecture et la correction de mon travail, à titre amical tout d'abord, puis en tant que pré-rapporteur dont l'avis m'assure de la valeur de ce travail de géographie. Par une contribution financière, il m'a aussi permis de réaliser une mission sur le terrain pour la vérification et l'enrichissement des informations recueillies lors de l'enquête. Qu'il soit vivement remercié pour son aide précise, efficace et permanente dans le suivi ma recherche sur Mexico, pour ses suggestions qui ont grandement contribué à améliorer la qualité de mes analyses et de mes résultats, et pour sa participation au Jury.*

*Mon affectation à Mexico en 1989 et 1990 dans le cadre du Projet Chalco a été sollicitée par Daniel Hiernaux de l'UAM-Xochimilco et encouragée par Michel Portais, alors chef de la Mission ORSTOM au Mexique. Grâce à leur intervention, j'ai pu réaliser une partie importante de mon travail sur le terrain, et vivre une expérience scientifique et humaine inoubliable, aux conséquences inestimables pour ma formation personnelle et professionnelle. Bernard Lacombe et Eduardo Preciat, chefs du Projet, m'ont accordé leur confiance et un soutien financier important pour le recrutement, la formation d'étudiants de l'UAM, la collecte et la saisie des données ; je les en remercie vivement. Il m'est impossible d'évoquer nommément tous ceux, Mexicains ou Français, qui m'ont aidé au cours de ce séjour, tant par leurs conseils que par les moyens qu'ils m'ont alloués ; je ne saurais pourtant taire ma gratitude envers Christophe Bouvier (hydrologue-ORSTOM), Claude Zebrowski (pédologue-ORSTOM), Michel Lepage (Puebla-ORSTOM), Jorge Gonzalez Aragon et Jorge Padilla*

(informaticiens-UAM), Manuel Juarez (chercheur-UAM)... qui ont chacun apporté leur contribution aux lignes que j'ai écrites.

Qu'il me soit également permis de remercier Monsieur et Madame Caire, Monsieur et Madame Maldonado, Monsieur et Madame Salcedo et leurs enfants, Mesdemoiselles Alma-Luz Cabrera et Rocio Cano... pour l'accueil, l'amitié et la convivialité qu'ils m'ont témoignés pendant mon séjour au Mexique. Un grand merci enfin à Juan Pablo Antun, professeur à l'UNAM, qui a toujours montré le plus grand intérêt pour mon travail et m'a prodigué les meilleurs conseils. Je souhaite également le remercier de garantir par ses compétences en télédétection urbaine la qualité de mon travail, en acceptant les charges de pré-rapporteur et de membre du Jury.

Le départ en affectation de Christian Mullon et de Jean Pouget, respectivement en 1993 et 1992, et la fermeture de l'Unité de Télédétection le 31 décembre 1993 n'ont pas porté préjudice au bon déroulement de mon travail : grâce à l'action constructive de Jean-Pierre Treuil et de Bokar Kaloga, j'ai pu achever la rédaction et la correction de ce texte.

Par quelques mots trop courts, je voudrais également révéler l'aide discrète et désintéressée, mais essentielle, que m'a apportée Françoise Pelletier, ingénieur au L.I.A., dans l'utilisation des logiciels d'Analyse de Données SAS et ADDAD. Sa disponibilité amicale, ses interventions nombreuses et patientes ont permis de démêler rapidement des imbroglios informatiques que, débutant, j'aurais mis des semaines à résoudre ; je lui dois une grande partie de mon travail. Les effets positifs de son assistance ont été relayés par les conseils de Marie Piron sur l'emploi des méthodes statistiques elles-mêmes et sur l'analyse des résultats. Je souhaite ici exprimer à toutes deux ma profonde gratitude.

Dominique Rémy puis Marc Lebris, responsables du Service Informatique de Bondy, secondés par Yvette Lambert et Claude Zénérimo, ont toujours assuré avec compétence et diligence la bonne marche du Service.

En 1993, Jean-François Turenne, chef du Centre ORSTOM de Bondy, Catherine Aubertin, responsable du Laboratoire de Sciences Sociales, Jean-Paul Duchemin, puis Pierre Peltre rendaient possible la signature d'un Contrat Emploi Solidarité qui me permettait de terminer ma thèse en limitant la précarité de ma situation matérielle. Je tiens ici à faire état de leurs efforts et à les remercier ainsi que Sylvie Truchon du Service du Personnel.

Ma reconnaissance va aussi à Christine Triboulet qui a accompli un important travail de lecture et de corrections, ainsi qu'à Jean-Claude Barbier, chercheur ORSTOM, pour

*sa lecture et ses suggestions concernant l'enquête de terrain. J'ai fort apprécié la pédagogie de Janine Assié, institutrice retraitée et farouche défenseur d'un français authentique et pur. Nittaya Nintarakit, condisciple, amie fidèle et dévouée, s'est rendue irremplaçable par les programmes informatiques qu'elle a écrits spécialement à mon intention, afin de permettre la constitution de mes tableaux de données. Je dois à José Madeira Da Silva, en plus de sa chaleureuse amitié, une aide précieuse pour ma familiarisation avec l'ensemble des logiciels utilisés sur MacIntosh, à Claude Zebrowsky et Bokar Kaloga, chercheurs ORSTOM, des informations dans le domaine de la pédologie tropicale utilisées ici ; qu'ils en soient remerciés. Merci également à Christine Jacqueminet, Françoise Debaine, Alain Michel et Haja Andrianasolo pour leurs remarques et leurs suggestions. J'adresse à Sandrine Vallat, secrétaire du L.I.A., une marque particulière d'attention en dédommagement, s'il se peut, d'avoir si souvent sollicité sa compréhension et sa générosité dans mes besoins en fournitures. Puissent-ils tous être remerciés pour leur aide, leur présence, leur réconfort... J'adresse également mes remerciements à Marie-Thérèse d'Hier pour son aide efficace en documentation, Madame Zuretti pour ses conseils en traitement de texte et en Dessin Assisté par Ordinateur, et à Madame Aing pour certains tirages photos.*

# Sommaire

---

Résumé  
*Resumen*  
*Abstract*

Introduction

## **1ère partie, Evolution et structures de la ville de Mexico**

Chapitre 1 : Milieu naturel et contexte historique

Chapitre 2 : Le Mexico moderne : croissance de 1940 à 1990

Chapitre 3 : Structures générales de l'agglomération de Mexico

Chapitre 4 : Les délégations et municipes de l'agglomération de Mexico

Chapitre 5 : Chalco

Conclusion de la 1ère partie

## **2ème partie, La composition colorée de 1986**

Chapitre 6 : Composition colorée de 1986 : principe et analyse visuelle

Chapitre 7 : Structures de l'image de 1986

Chapitre 8 : Classifications et typologie des régions de l'image

Chapitre 9 : L'image urbaine

Conclusion de la 2ème partie



## **3ème partie, L'enquête de terrain**

Chapitre 10 : Objectifs et principes de l'enquête de terrain

Chapitre 11 : Analyse de l'information de terrain, aspects généraux

Chapitre 12 : Typologie établie à partir des relevés terrain

Conclusion de la 3ème partie

## **4ème partie, L'image de 1989, études diachroniques**

Chapitre 13 : L'image de 1989, correspondance des informations satellitaire et de terrain

Chapitre 14 : Etude diachronique par région

Chapitre 15 : Le développement urbain du sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1990

Conclusion de la 4ème partie

Conclusion générale

Glossaire

Bibliographie

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

Annexes

## Résumé

Ce travail propose une étude du développement urbain du sud de l'agglomération de Mexico principalement à l'aide des images multibandes SPOT de mars 1986 et décembre 1989. Cette analyse intervient alors que les secteurs de Chimalhuacán et de Chalco connaissent une urbanisation massive et galopante, à la manière de Nezahualcóyotl dans les années 50.

Dans une première partie, nous présentons le contexte historique et géographique en évoquant quelques éléments de la recherche urbaine concernant Mexico, en l'état à la fin de la décennie 80 : processus de migrations internes à l'agglomération et d'urbanisation de la périphérie, conditions matérielles de la croissance et conséquences sur l'environnement, etc... avec un développement particulier sur le cas de Chalco. Nous présentons également une information sur le mode d'occupation du sol, et une analyse des structures urbaines à partir de cartes et de photographies aériennes, qui permettront, par la suite, une interprétation plus aisée de l'imagerie satellitaire.

Ce constat nous amène à préciser la problématique et à choisir la télédétection comme moyen de localisation et de suivi de l'urbanisation.

L'étude de télédétection repose essentiellement sur l'utilisation de la puissance de synthèse et la richesse de l'information contenue dans la composition colorée de 1986. Celle-ci permet en effet une interprétation visuelle détaillée et une analyse de l'agglomération de Mexico, mais aussi une exploitation statistique et une classification des secteurs de l'image à l'aide de méthodes empruntées à l'Analyse des données. Au cours de cette deuxième partie, nous sommes parvenus à discriminer les secteurs urbains des secteurs naturels, grâce au croisement de classifications établies selon l'information ponctuelle, la couleur, et l'information contextuelle, la texture d'image.

A partir de ces traitements, notamment après avoir superposé le Plan d'occupation du sol à l'image, nous avons progressé dans notre interprétation thématique de l'image.

Une enquête de terrain nous a apporté une information plus précise sur le contenu urbain des secteurs étudiés. L'enquête, basée sur des relevés effectués le long de transects, permet l'élaboration d'indicateurs *urbanométriques* pour une description systématique du paysage et la mise au point d'une typologie des quartiers d'après des caractères de bâti, d'inter-bâti, de matériaux, de végétation, de voirie, de fonctionnalité...

La mise en correspondance des résultats de terrain avec l'image de 1989, permet d'établir des relations entre les deux types d'information.

En dernière étape, nous essayons de mettre en évidence les changements survenus dans notre secteur d'étude. Pour cela, nous construisons un néo-canal qui permet d'observer la variation des réponses radiométriques entre les deux dates, sélectivement selon les bandes spectrales. Le résultat est un document qui offre des informations sur la localisation, l'extension spatiale, voire la forme et la nature du changement, à l'échelle élémentaire... et propose des pistes de recherche complémentaire.

Grâce à ce document et par va-et-vient avec les données initiales, une analyse des changements et de leur type, est menée quartier par quartier, dans la mesure où les conditions de contraste local le permettent. L'observation de l'ouverture de chantiers, de la construction de bâtis industriels, d'ensembles pavillonnaires ou de rues, la dégradation des sols et de la végétation, l'équipement... permettent une étude géographique détaillée du développement urbain.

La synthèse de ces observations nous a conduit, enfin, à proposer une étude globale des mouvements urbains, ainsi qu'une localisation des secteurs naturels menacés par l'urbanisation dans le sud et l'est de l'agglomération.

## Resumen

Este trabajo se propone estudiar el desarrollo urbano en el sur de la aglomeración de México principalmente por medio de imágenes multiespectrales SPOT de marzo de 1986 y de diciembre de 1989. Este análisis se hace cuando las áreas de Chimalhuacán y de Chalco conocen una urbanización masiva y galopante como Nezahualcóyotl en los años 50.

La primera parte trata de la situación histórica y geográfica y menciona algunos elementos de la investigación urbana relativa a México al fin del decenio 80 : migraciones dentro de la aglomeración y urbanización de las áreas periféricas, condiciones materiales del crecimiento y consecuencias sobre el medio ambiente, etc... así como un análisis específico del caso de Chalco. También proporcionamos informaciones sobre el modo de ocupación del suelo y un análisis de las estructuras urbanas basado en mapas y fotografías aéreas que permitieran dar una interpretación más fácil de las imágenes de satélite.

Esos hechos nos conducen a plantear los diferentes problemas y a elegir la percepción remota para localizar y observar la urbanización.

El estudio de percepción remota se fundamenta principalmente en la utilización de la capacidad de síntesis y la abundante información contenida en la composición de colores de 1986. Eso permite una interpretación visual detallada y un estudio de la aglomeración de México, y también un análisis estadístico y una clasificación de las áreas de la imagen por medio de métodos de Análisis de datos. En la segunda parte, conseguimos distinguir las áreas urbanas de las áreas naturales gracias al cruzamiento de clasificaciones establecidas según la información puntual, el color, y la información contextual, la textura de imagen.

Una encuesta de campo nos proporciona una información urbana más precisa sobre las áreas estudiadas. La encuesta basada en estadísticas tomadas a lo largo de transectos permite elaborar indicadores *urbanométricos* par una descripción sistemática del paisaje y la elaboración de una tipología de barrios según las características de construcción, de inter-construcción, de materiales, de vegetación, de red de comunicaciones, de funcionalidad...

La comparación de los resultados de campo con la imagen de 1989 permite establecer relaciones entre ambos tipos de información.

Por último, tratamos de evidenciar los cambios ocurridos en nuestra área de estudio. Por eso, elaboramos un neo-canal que permite observar la variación de las respuestas radiométricas entre

ambas fechas según las bandas espectrales. El resultado es un documento que proporciona informaciones sobre la localización, la extensión espacial, incluso la forma y la naturaleza del cambio a escala elemental y propone vías de investigación complementaria.

Este documento y la referencia constante a los datos originales permiten efectuar un análisis de los cambios y de su tipo en cada barrio, en la medida en que las condiciones de contraste local lo permiten. Las obras de construcción, la construcción de infraestructuras industriales, de calles o de conjuntos de casas, la degradación de los suelos y de la vegetación, el equipo... permiten efectuar un estudio geográfico detallado del desarrollo urbano.

Finalmente, la síntesis de esas observaciones nos condujo a proponer un estudio global de los movimientos urbanos así como una localización de las áreas naturales amenazadas por la urbanización en el sur y el este de la aglomeración.

## Abstract

This work suggests to study the urban development of the south of the Mexico agglomeration using mainly SPOT multispectral images dated from March 1986 and December 1989. This analysis is made when the areas of Chimalhuacan and Chalco are affected by a large-scale and galloping urbanization like Nezahualcoyotl in the 1950's.

The first part deals with the historical and geographical situation and mentions some elements of the urban research on Mexico at the end of the 1980's : migrations within the agglomeration and urbanization of the peripheral areas, material conditions of growth and consequences on the environment etc... along with a specific analysis of the case of Chalco. We also give some informations about the land use and we study the urban structures based on maps and aerial photographs which will allow to interpret more easily the satellite imagery.

These facts lead us to specify the different problems and to choose remote sensing as a means to localize and observe urbanization.

The study of remote sensing is based mainly on the use of ability to synthesize and the abundant information contained in the 1986 color composite. It allows to give a detailed visual interpretation and a study of the Mexico agglomeration but also to make a statistical analysis and a classification of the image portions using methods derived from the data analysis. In this second part, we succeeded in distinguishing the urban areas from the natural ones through the crossing of classifications established according to the pinpoint information, the color, and to the contextual information, the image texture.

On the basis of these processings and mainly after having superimposed the land use plan on the image, our thematic interpretation of the image gained ground.

A field survey supplied us with a more precise urban information on the study areas. It is based on surveys made along transects and it allows to work out *urbanometric* indicators in order to give a systematic description of the landscape and to develop a typology of neighbourhoods according to the characteristics related to building, inter-building, materials, vegetation, systems of roads, functionality...

The comparison between the field results with the 1989 image allows to establish relations between both types of information.

Finally, we try to reveal the changes observed in our study area. For this purpose, we develop a neo-channel which allows to observe the variation in the radiometric responses between both dates according to the spectral bands. We obtain a document which gives information on the localization, the spatial extension and even the form and the nature of the change on an elementary basis and suggests additional research guidelines.

This document and the constant reference to the original data lead to make an analysis of the changes and of their type in each neighbourhood insofar as the different local conditions allow to do it. Taking into account the building sites, the building of industrial structures, of suburban areas or roads, the soil and vegetation degradation, the equipment... allow to make a detailed geographical study of the urban development.

Finally, the synthesis of these observations led us to suggest a general study of the urban movements as well as a localization of the natural areas which are threatened by urbanization in the south and east of the agglomeration.

# Introduction

---

D'avantage, peut-être, que la plupart des villes du Nouveau Monde, Mexico porte les traces du passé, dans le milieu naturel qu'elle a absorbé au fil des siècles, dans la société des hommes qu'elle tente de maintenir solidaires, malgré les forces centrifuges de la diversité du sang et de la langue, de la disparité de fortune et de chance. Puisant son énergie dans le *miracle*, elle construit une machine qui espère inverser les effets de l'Histoire, attirer vers elle et fondre ensemble les peuples dispersés par le grand choc de l'Occident et du monde indien.

Mexico est à la fois la meilleure chance d'intégration, et l'image aux contrastes renforcés des causes et des effets de sa désunion. Elle rassemble sous un seul toit, au même moment, Dr. Jekyll et Mr. Hyde, face brillante et face cachée d'une même sphère. Mais la *troisième culture* qu'elle cherche pour liant, s'arrête souvent aux frontières qu'elle prétend gommer. Si le *progrès* se propage mieux en milieu dense, il consacre aussi les différences et les exaspère.

La chance mythique offerte par le nouvel El Dorado, version mexicaine, de la *gran capital*, jointe au mouvement d'urbanisation observé à l'échelle mondiale, drainent les campagnes ; la concentration sans règle engendre un gigantisme chaotique et la ville, devenue *mégapole*, ne connaît plus ses limites. La population concernée massée aux portes de la capitale fédérale constitue un facteur d'instabilité sociale, de crise urbaine chronique, à une heure de marche du Palais National. Autant pour contrôler la situation que pour proposer des réponses, l'information et son analyse deviennent des priorités ; dans cet objectif, les nouvelles technologies mettent à la disposition des chercheurs et des pouvoirs publics des outils d'acquisition et de traitement de l'information qui se signalent par leur puissance.



Leur utilisation requiert toutefois de lourds investissements en matériel et en formation des hommes que peu de pays du Tiers-Monde sont en mesure d'assumer seuls ; de telles méthodes trouvent un terrain favorable à leur application dans le cadre de programmes de coopération scientifique nord-sud qui donnent lieu à des transferts de technologies. L'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) a pour vocation de susciter et de conduire de tels programmes avec des partenaires étrangers.

Entre 1988 et 1990, un programme de recherche, le *Projet Chalco*, unissait les compétences de l'ORSTOM et de l'Université Autonome de Mexico à Xochimilco (UAM), sur un financement assuré par la Communauté Economique Européenne. Ce programme avait pour objectif une recherche inter-disciplinaire sur les quartiers de la Vallée de Chalco qui, comme nous le verrons au cours de ce travail, connaissent une forte expansion depuis la seconde moitié des années 80. Le Projet incluait, entre autres, des aspects socio-économiques, écologiques et urbanistiques, faisant appel à des "techniques de pointe" : infographie et télédétection.

La présente recherche a été intégrée au Projet Chalco en 1989, et le travail ci-après expose une partie des résultats obtenus par l'étude de télédétection.

En effet, nous avons réalisé une étude de l'urbanisation et du développement urbain dans un secteur de l'agglomération de Mexico à l'aide d'images satellitaires ; nous avons cherché les critères qui nous paraissent les plus intéressants pour ce type d'analyse, et l'information urbaine qu'ils nous permettent d'extraire en vue d'améliorer nos connaissances sur la ville et sur l'évolution de ses limites.

Toutefois, ces méthodes modernes d'investigation ne sauraient affranchir l'utilisateur de la connaissance et de la prise en compte des sources d'information traditionnelles, en particulier d'un contact direct avec le terrain. Celles-ci lui permettent, en effet, d'apporter une signification aux chiffres qui constituent ses données, et de conduire une analyse approfondie qui reste en rapport avec la réalité.

L'exposé qui suit est constitué de quatre étapes, divisées en chapitres, au cours desquels nous passerons de la présentation de géographie urbaine traditionnelle à l'étude des types d'urbanisation décelables sur l'image et de leur évolution.

Dans un premier temps, nous présenterons donc les éléments de connaissance géographique qui nous permettront, par la suite, l'interprétation des données et du résultat de leur traitement. Nous envisagerons les étapes de la croissance de l'agglomération au détriment d'un contexte naturel autrefois généreux et diversifié, et nous évoquerons les dégradations de la végétation, de l'eau, de l'air et des sols, dans la mesure où elles contribuent en partie au *mal vivre* des populations, et où elles nous apportent une information sur le développement urbain visible ou prévisible. L'analyse de la croissance conduira à nous interroger sur les processus d'urbanisation tels que certains auteurs ont pu les mettre en évidence.

L'étude des structures urbaines de l'agglomération, à diverses échelles, nous permettra de connaître quelques types de tissus urbains, leur composition, leurs caractéristiques et leur répartition spatiale, l'organisation et l'intégration des différents secteurs de la ville... La présentation des grands traits de l'occupation du sol amènera une information essentielle permettant de saisir les éléments du paysage selon les quartiers, en relation avec leur rôle socio-urbain.

Ayant exposé les conditions et les enjeux, ainsi que les contraintes liées au volume d'information, à la rapidité et au coût d'acquisition et de traitement... la conclusion de cette première partie nous amènera à poser de manière plus détaillée notre problématique. Nous procéderons alors au choix de l'outil : la télédétection, ainsi qu'à la délimitation de notre secteur d'étude : la périphérie sud-est de l'agglomération.

Nous serons alors en mesure d'analyser, dans une deuxième partie, les données à notre disposition sur l'image SPOT multibande de 1986. Notre démarche de géographe nous conduira à une interprétation visuelle du document pour une prise de contact avec les données satellitaires, l'extraction d'une première information, et la liaison de certains caractères d'image

avec des thèmes géographiques. Nous déterminerons également les deux principaux critères dont l'exploitation permettra de décrire certains grands traits de l'urbanisation.

A l'aide de traitements appropriés et de méthodes empruntées à l'Analyse des Données, nous analyserons la scène SPOT plus systématiquement, et il nous sera possible de préciser la traduction sur l'image des caractères des milieux naturels et urbains. Nous verrons également les facteurs qui déterminent ces caractères : nature et densité du bâti, nature et état du sol, de la végétation... De là, nous constituerons l'image urbaine à partir de laquelle nous étudierons de manière plus approfondie les grands types d'urbanisation représentés dans notre image, en particulier celle des quartiers récemment créés ou en cours de création.

Au terme de cette deuxième partie, nous aurons étudié un certain nombre de types d'urbanisation d'après des critères d'image, ainsi quelques aspects de leur impact sur le milieu naturel, dans les marches de l'agglomération

Dans la troisième partie, nous essaierons d'avancer davantage en précision dans la connaissance des quartiers et des relations entre les paysages urbains et les données de télédétection. Nous verrons que cette étude a requis le développement d'une méthode originale de collecte et de traitement de l'information afin de décrire et de caractériser les quartiers en des termes aussi compatibles que possible avec l'information satellitaire. Nous exposerons les principes de la méthode basée sur la mesure des éléments du paysage visible, et nous définirons un certain nombre d'indicateurs.

Les résultats de cette enquête nous permettront de dégager quelques caractères typiquement urbains des zones enquêtées, en particulier leur morphologie et leur dynamisme. Ces caractères mesurés nous permettront d'effectuer des comparaisons entre les quartiers, et nous montrerons que la méthode peut produire une typologie des secteurs urbains en fonction des principaux éléments constituant leurs paysages respectifs.

Cette troisième partie nous aura donc appris à décrire les grands types de quartiers, en particulier les banlieues récentes, et à reconnaître ce qui les différencie les uns des autres. Nous

aurons également accumulé quantité d'observations nous permettant des relations très fines avec l'information satellitaire, des secteurs entre eux, et des caractères entre eux.

Ces relations seront développées dans la quatrième partie avec l'image de 1989. Nous tenterons d'établir ces relations selon les deux critères qui ont dirigé notre analyse d'image, auxquels correspondent pour chacun un critère de description de terrain. Nous tenterons ainsi de caractériser nos secteurs d'image en terme de taille et de dispersion du bâti, de végétation, de dynamisme urbain, de précarité d'urbanisme... C'est-à-dire que nous attribuerons à nos secteurs une information géographique plus précise, à une échelle plus fine, que l'information décelable à l'aide des capteurs SPOT, sans perdre de vue que ces résultats sont étroitement liés à notre problématique et aux conditions particulières de l'expérience.

Nous nous attacherons ensuite à la comparaison des deux images afin de mettre en évidence les changements survenus à la fin des années 80 dans notre secteur d'étude, en particulier les secteurs limitrophes à l'agglomération susceptibles de s'urbaniser. Notre analyse diachronique sera menée à partir des caractères que l'étude de l'image de 1986 nous a appris à identifier et à interpréter, notamment traduisant l'état des divers composants du milieu naturel. Nous mettrons tout d'abord en évidence les changements qui se sont produits sur de vastes surfaces, c'est-à-dire observables à petite échelle.

Nous verrons que nous pouvons aussi obtenir une information diachronique à l'échelle élémentaire proposée par l'image. Cette précision nous permettra une analyse, quartier par quartier, des modifications d'occupation du sol et des changements liés à la progression de l'urbanisation, dans la mesure où le permettent l'imagerie satellitaire et la méthode utilisée pour les mettre en évidence. Outre leur localisation, nous essaierons de fournir des indications sur leur nature, sur le type d'urbanisation et sur les surfaces concernées. Nous serons en mesure de produire des documents graphiques souvent précis de certains secteurs théâtre du développement urbain. Il nous sera également possible de distinguer plusieurs types de changements souvent en relation avec le type d'occupation du sol préexistant. Nous verrons

que tous les lieux de changements ne sont pas détectables par ce moyen, mais que la télédétection peut proposer des pistes de recherche dans un certain nombre de cas incertains.

Enfin, nous réaliserons une synthèse du développement produit entre 1986 et 1989, en essayant de mettre en évidence les mouvements d'urbanisation dans cette partie de l'agglomération, et en portant une attention particulière aux secteurs de pénétration de l'urbanisation dans les milieux naturels.

Dans les dernières pages, nous tenterons de situer nos conclusions par rapport à nos attentes et aux méthodes classiques d'investigation sur ce sujet.



*1ère partie*

*Evolution et structures de la ville de Mexico*





Avant l'étude de l'urbanisation et du développement urbain de Mexico, il nous est apparu nécessaire d'apporter les éléments de connaissance géographique qui nous permettront, d'une part, de préciser la problématique de cette étude, ses limites et son intérêt, et d'autre part, d'apporter l'information exogène indispensable à l'interprétation des données satellitaires et aux résultats de leurs traitements, en vue d'une analyse géographique.

Nous serons donc amené à rassembler une information descriptive sur les divers constituants de l'agglomération, le bâti, le réseau de voirie, le mode d'occupation de l'espace... qui nous permettra d'appréhender les grands types de paysages urbains que l'on pourra mettre en relation avec certains caractères de l'image et avec la typologie issue de l'enquête de terrain.

Néanmoins, l'analyse d'un phénomène aussi complexe que l'urbanisation ne saurait se limiter à la seule description de l'espace, étape certes obligatoire, mais non suffisante. La compréhension-même de l'espace décrit nécessite la connaissance des causes, des forces et des lois de sa production. Dans la mesure où ils interviennent directement, nous serons donc conduit à évoquer d'autres facteurs plus élaborés : historiques, démographiques ou socio-économiques, voire techniques... qui déterminent les caractères de l'urbanisation et son évolution.

Outre la possibilité pour nous d'affiner notre compréhension de l'espace, l'exposé de ces aspects plus sociaux montrera que notre problématique ne correspond pas à un jeu de haute technologie utilisant des moyens sophistiqués. Nous entendons d'abord répondre à une nécessité tangible, à des préoccupations plus essentielles et prosaïques de survie, ou du moins de conditions de vie, par l'apport de nouvelles connaissances désormais accessibles grâce à des méthodes modernes d'acquisition et de traitement d'information.

Nous constaterons donc, dans cette première partie, que l'enjeu est davantage d'ordre social, que d'ordre méthodologique.

Nous comprendrons également, par l'importance des volumes de population concernée, des superficies transformées et des dégâts occasionnés sur l'environnement, que la télédétection apparaît comme un outil essentiel à la connaissance de ces phénomènes, et à l'action des responsables chargés de les gérer.

A partir de ces informations, nous serons en mesure de définir avec précision notre zone d'étude, et de choisir les caractères urbains que nous décrirons par l'enquête de terrain.

Pour cela, nous procéderons par les étapes suivantes :

- un bref exposé du milieu naturel suivi de rappels sur les conditions de la création et de l'évolution historique de la ville de Mexico, campera le contexte du développement de l'agglomération et les difficultés rencontrées au cours des différentes phases d'urbanisation (chapitre 1) ;
- la présentation suivante, chapitre 2, sera consacrée à l'étude de la croissance démographique et spatiale ; l'analyse montrera que les volumes de population et l'espace concernés par l'urbanisation augmentent brutalement à partir de 1940 ;
- les phénomènes de croissance connus, on analysera ensuite, en chapitre 3, les structures générales de l'agglomération et les processus de développement des quartiers, populaires notamment. Nous préciserons ainsi les différents constituants et tissus urbains, nous les situerons et nous en déterminerons les caractères ;
- enfin, une description plus approfondie des structures des quartiers sélectionnés pour l'étude (chapitre 4) et en particulier pour Chalco (chapitre 5). Cette description nous conduira à une analyse géographique plus détaillée, et à la mise en évidence des éléments essentiels à l'interprétation de l'image de télédétection. Nous compléterons également nos connaissances sur les insuffisances urbaines, et sur les attentes des populations, sous leurs aspects les plus immédiats : les conséquences au quotidien de l'urbanisation débridée.



# Chapitre 1

## Milieu naturel et contexte historique

---

Au cours de son histoire et de sa constitution, Mexico a affronté des conditions naturelles difficiles à certains égards : région à haut risque sismique, milieu lacustre et marécageux, site de plateau entouré d'un relief élevé... autant de facteurs qui ont déterminé le lieu de sa fondation et les efforts d'adaptation, d'abord de la cité à son milieu, puis du milieu à la cité. Nous présenterons en premier lieu les principaux aspects géographiques, en particulier ceux qui entreront dans notre analyse de l'urbanisation par télédétection et dans notre enquête de terrain.

La culture et les traditions des premiers bâtisseurs ont, par ailleurs, fixé certaines structures urbaines et réalisé de grands travaux que la conquête espagnole a entérinés et qui ont déterminé certains aspects de la cité moderne. Nous examinerons succinctement les conditions de la création et l'évolution historique de l'agglomération jusqu'à l'explosion urbaine de la moitié du XXème siècle, en évoquant les caractères de l'urbanisation et de la croissance depuis l'Age mexica. Cet aspect historique nous aidera à comprendre les causes et les mécanismes de l'expansion moderne.

### 1. Le milieu naturel

Nous présenterons ci-après les conditions naturelles nécessaires à la compréhension du milieu que nous allons étudier par télédétection. L'ancien système lacustre, le régime pluviométrique, le contexte pédologique et la végétation, sont en effet parmi les facteurs déterminants qui

expliquent l'évolution et les structures de l'agglomération, les conditions de vie de ses habitants... Ces facteurs apparaissent également sur les images de télédétection, soit directement (couleurs des sols, végétation...), soit sous formes variées, en combinaison avec les propres caractères de l'urbanisation (dégradation des sols...).

### 1.1. Relief et lacs

La plus grande partie de Mexico s'est construite sur les terres planes du bassin d'une altitude moyenne de 2.240 m et de quelque 9.560 km<sup>2</sup> (Valverde & Aguilar, 1986) ; la *cuenca* (bassin) se trouve limitée :

- à l'ouest par les sierras de las Cruces, Monte Bajo et Monte Alto , qui descendent sur le bassin de Toluca,
- à l'est, par la sierra Nevada surplombant le bassin de Puebla, et incluant le plus haut sommet de la région : le Popocatépetl (5.747 m),
- au nord, par un relief moins saillant : les sierras de Tezontlalpan, de Tepozotlán et de Pachuca,
- au sud, par les sierras de l'Ajusco et de Chichinautzin qui séparent Mexico de Cuernavaca...

Les structures topographiques et géologiques du bassin se sont formées au cours de sept phases volcaniques développées à partir de la Faille Volcanique Transmexicaine, qui débutent au Cénozoïque, il y a 32 millions d'années (Mosser Hawtree, 1988). Les sierras de l'est et de l'ouest sont apparues à la troisième phase, Oligocène Supérieur, et ont été remaniées au Miocène. La sierra de Tepozotlán est apparue au cours d'une quatrième phase (12-14 millions d'années) ; plus tard, s'est produite la formation des cerros aujourd'hui noyés dans l'agglomération urbaine : Chimalhuacán, la Estrella, los Pinos, et Peñon del Marques...

A partir du Quaternaire Supérieur, la formation de la sierra Chichinautzin interdit l'évacuation des eaux qu'une faible pente dirige vers le sud du bassin. Ce barrage naturel a entraîné la formation de lacs alimentés par des pluies fortes en été et limités à cette saison. La figure

ci-après permet la localisation des principaux éléments du système lacustre avant son assèchement par l'homme.

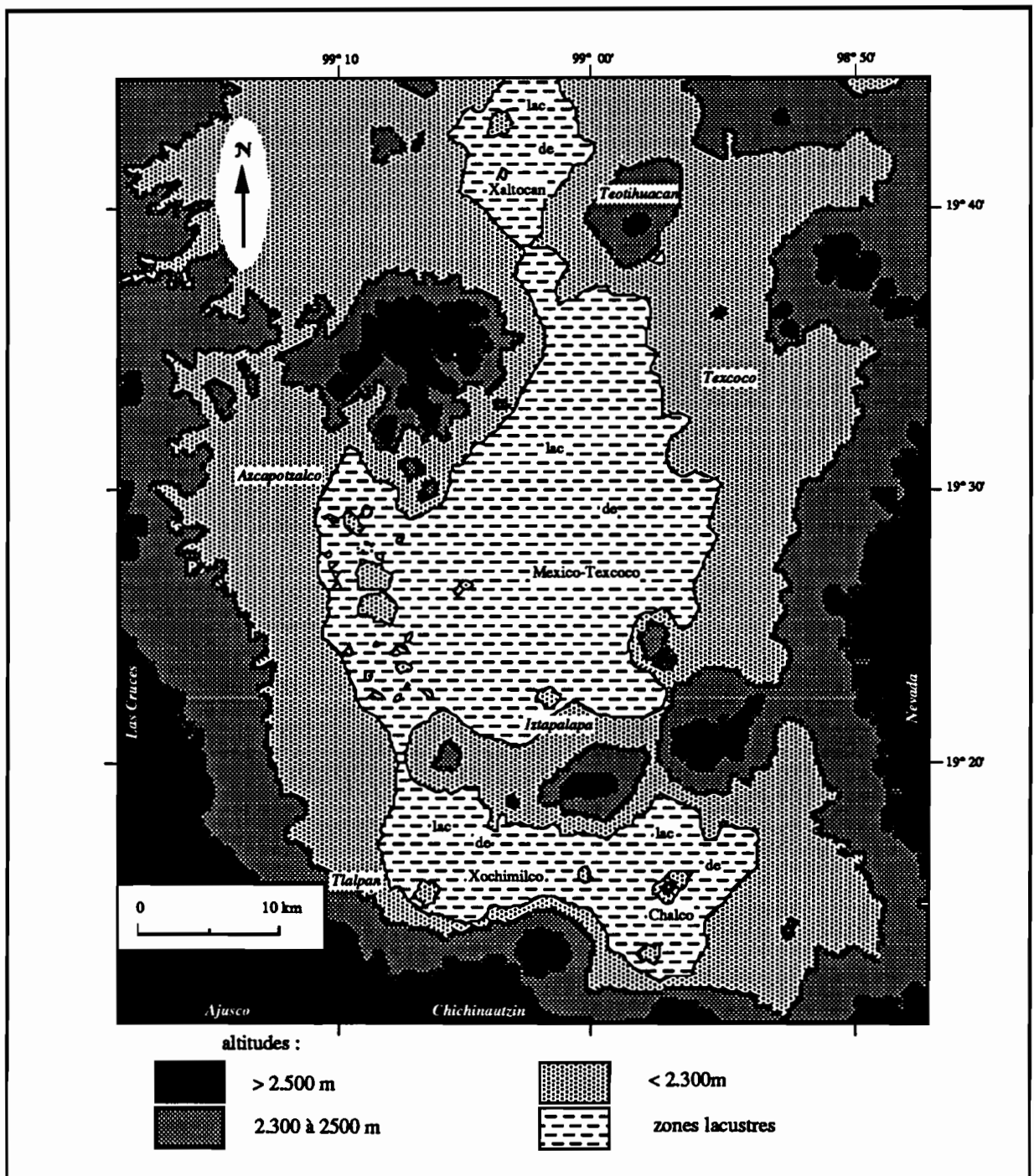


figure 1 : Topographie et système lacustre originel du bassin de Mexico.  
(d'après Niederberger, 1988, p.42)

Ce système se composait, du nord au sud, des lacs : Zumpango (non représenté sur la carte), Xaltocan, Texcoco, Xochimilco et Chalco, l'emplacement des trois derniers étant désormais

occupé par l'agglomération urbaine. Les lacs septentrionaux : Zumpango, Xaltocan et la partie est du lac de Texcoco se caractérisaient par la salinité de leurs eaux (figure ci-dessus).

## **1.2. Climat et précipitations**

Le système hydrographique est alimenté par un régime de pluies abondantes et régulières. En effet, bien que région de montagne, le bassin de Mexico bénéficie d'un climat tropical humide (latitude 19°30'N). Celui-ci se caractérise, en particulier, par une concentration des précipitations entre les mois de juin et de septembre, et une disparition progressive des pluies dans le courant d'octobre. Du fait de la présence du relief et du mouvement des masses d'air, la répartition spatiale des précipitations n'est pas uniforme. Jáuregui Ostos distingue trois secteurs selon les quantités annuelles des précipitations (Jáuregui Ostos, 1988) ; dans la partie méridionale du bassin, les trois zones se délimitent de la manière suivante :

- la zone humide, qui reçoit entre 700 et 1.100 mm d'eau par an, s'étend sur l'ouest de l'agglomération et sur le relief qui la surplombe, ainsi que sur le sud du bassin ;
- la zone semi-aride avec des précipitations inférieures à 600 mm annuels, dans un secteur qui couvre le nord-est de la ville et qui correspond au centre du bassin ;
- la zone intermédiaire comprenant le centre nord, le Centre et le sud-est de l'agglomération, dont la quantité de précipitation se situe entre 600 et 700 mm.

La figure 2 ci-après montre les variations de température mensuelle à Iztapalapa (centre-est de l'agglomération), tandis que la figure 3 permet la localisation des trois régimes de précipitations (d'après Jáuregui Ostos, 1988, p.39).

Etant donné ces caractéristiques climatiques, les images satellitaires les plus intéressantes, c'est à-dire acquises sur le secteur sans couverture nuageuse, sont celles comprises entre les mois de novembre et mars-avril. Nous verrons plus loin que les fonds des lacs asséchés sont, en effet, les foyers d'une poussière importante ; cette poussière peut nuire à la qualité de l'atmosphère et donc des images acquises au cours des deux mois qui précèdent la saison des pluies.

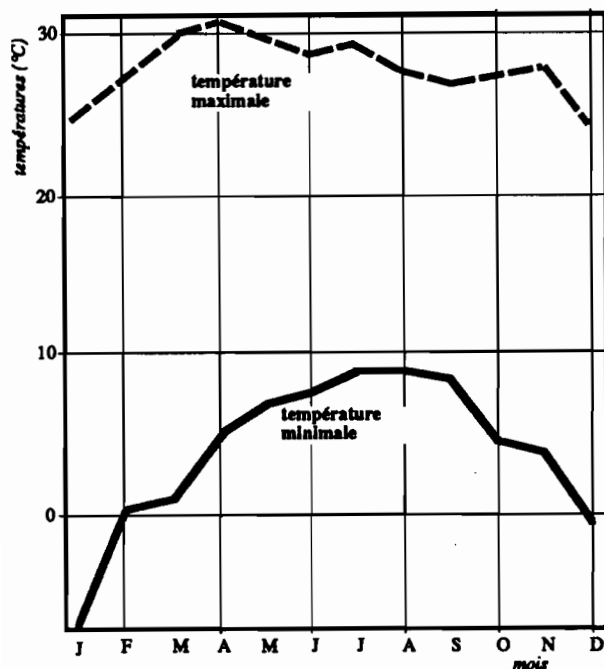


figure 2 : Variations des températures mensuelles à Iztapalapa.

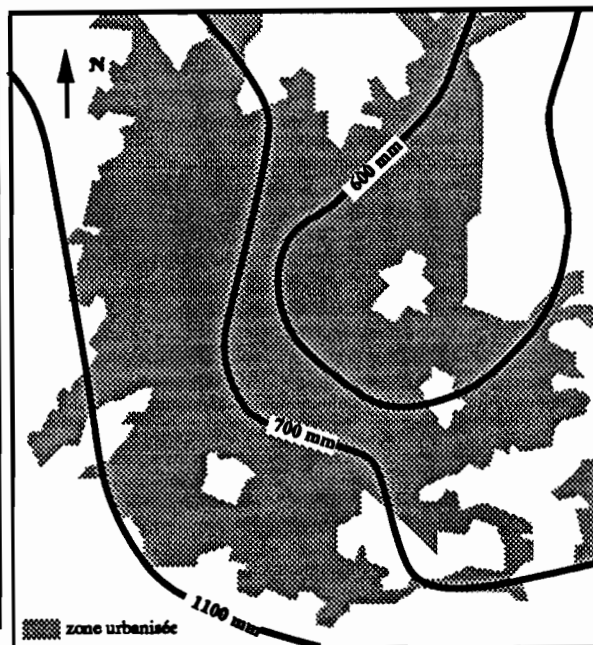


figure 3 : Répartition spatiale des précipitations dans le bassin de Mexico.

### 1.3. Contexte pédologique et végétation

Les éruptions volcaniques successives ont laissé dans le bassin une très grande variété de matériaux d'origine éruptive, transformés localement, ensuite, par les agents climatiques, la végétation et les milieux lacustres. Les cartes pédologiques disponibles utilisent la classification F.A.O. ; nous l'avons donc reprise ci-après (CETENAL, 1979 et SPP, 1983).

On distingue essentiellement quatre grands ensembles pédologiques : les phaeozems, les solontchaks, les lithosols et les régosols, dont les propriétés sont les suivantes (Duchaufour & Souchier, 1977) :

- les *phaeozems* constituent le sol de l'essentiel de l'agglomération urbaine et s'étendent vers le sud-est entre la sierra Sta. Catarina, au nord, et la sierra Chichinautzin au sud (voir figure 4). Ce sont des sols bruns à horizon A de type mollique (matière organique bien évoluée et fortement liée à la matière minérale), sur un horizon (B) à structure polyédrique. Aptes à la culture, ils constituent des sols de prairies par excellence. Les *phaeozems* sont issus de

matériaux d'origine volcanique. Le type modal (phaeozem haplique) correspond surtout au centre de l'agglomération et au piémont de la sierra Nevada, à l'est. Il peut être associé à des lithosols (La Estrella, Ajusco... lithosol : voir ci-dessous) ou à des phaeozems à gley (phaeozem gleyique localisé à Xochimilco) caractérisé par une saturation en eau permanente en profondeur, sans activité biologique autre que celle de micro-organismes anaérobies. Du fait de sa profondeur, ce caractère ne peut se manifester qu'indirectement en surface :

- possibilité de remontée d'humidité à la surface en saison sèche, si la profondeur du niveau de gley le permet ;
- approvisionnement en eau de la végétation en saison sèche grâce à la réserve d'eau constituée par le niveau de gley, en fonction du développement des systèmes racinaires. L'association phaeozems haplique et gleyique est donc particulièrement propice à l'entretien de la végétation naturelle (Xochimilco-Tláhuac ouest).

• les *solontchaks*, sols salés, s'étendent au nord-est et au sud-est de l'agglomération, secteurs localisés en particulier à Chimalhuacán, Nezahualcóyotl, nord d'Iztapalapa... et à Tláhuac-Chalco. Ils correspondent aux anciens lacs d'eau salée asséchés au cours des siècles : Texoco au nord et Chalco au sud. Ce type de sol connaît des changements saisonniers susceptibles d'influencer les réponses radiométriques : en saison sèche, le sel remonte, engendrant des efflorescences blanches à la surface qui peuvent constituer des croûtes entraînant la destruction des structures de l'horizon A, et favorisant le développement de surfaces poudreuses. Grâce à l'information satellitaire, nous verrons combien l'activité urbaine aggrave l'encroûtement salin de ce type de sol, et la destruction de sa structure (poussière).

Parmi ces sols, on distingue ceux qui ont des horizons molliques et qui sont donc proches des phaeozems, mais s'en distinguent par la présence du sel. Les constituants organiques expliquent les couleurs sombres de ces sols (*chroma* (saturation)  $\leq 4$  et *value* (clarté)  $< 3,5$ , dans la notation Munsell). L'assombrissement apparaîtra renforcé sur les images, lorsque s'associe un horizon à gley à faible profondeur (solontchak gleyique et mollique gleyique ; voir ci-dessus). On trouve de telles formations à Chalco où l'eau stagne à quelques centimètres de profondeur seulement. A Chimalhuacán, l'horizon gleyique est plus profond, et l'eau ne se

manifeste pas directement en surface. Le sel est alors plus visible, et les couleurs du sol apparaissent plus claires, notamment en l'absence de matière organique.

L'association solontchak mollique/phaeozem haplique (Chalco) correspond à un horizon de surface mollique, mais localement différencié par des taches de sel, avec un impact sur la distribution spatiale de la végétation.

Au sud de la sierra Sta. Catarina, dans les secteurs de Xochimilco, Tláhuac et Chalco, on remarquera l'extension du gley, aussi bien dans les phaeozems que dans les solontchaks. Nous verrons tout au long de ce travail que ces secteurs correspondent à des domaines lacustres fortement humides, localement inondés en permanence.

- les *lithosols* constitués de roches non désagrégées d'origine lavique récente (quaternaire), résultant de coulées et de tufs de phénobasalte à base d'andésites et de dacites (Mosser Hawtree, 1988, p.25), de couleur sombre, voire noire. Ils se rencontrent dans la partie sud-ouest de l'agglomération : sud et ouest de Coyoacán, nord de M. Contreras. Le lithosol se présente sous forme massive, mais sa fragmentation locale permet le développement d'une végétation, notamment à *San Angel et Jardines del Pedregal*, ainsi qu'en certains secteurs des pentes de l'Ajusco (voir chapitres 4, 2ème et 3ème parties de ce travail).

- les *regosols* correspondent à une roche fragmentée et désagrégée ; ils sont ici essentiellement de type eutrique, c'est à dire riche en éléments nutritifs. Ils constituent les sierras (Sta. Catarina), les cerros (Peñon del Marques, Xico...) et leur piémont (est d'Iztapalapa, sierra Nevada, El Pino...). Ces terrains ont permis le développement d'une végétation naturelle abondante, même si, du fait de l'action anthropique, il n'en reste aujourd'hui que de rares fragments aux alentours de l'agglomération.

La distribution spatiale des principaux sols est résumée par la figure de la page suivante, pour la partie sud de l'agglomération qui correspond à notre zone d'étude par télédétection (délimitation de la zone d'étude : voir conclusion de la première partie).

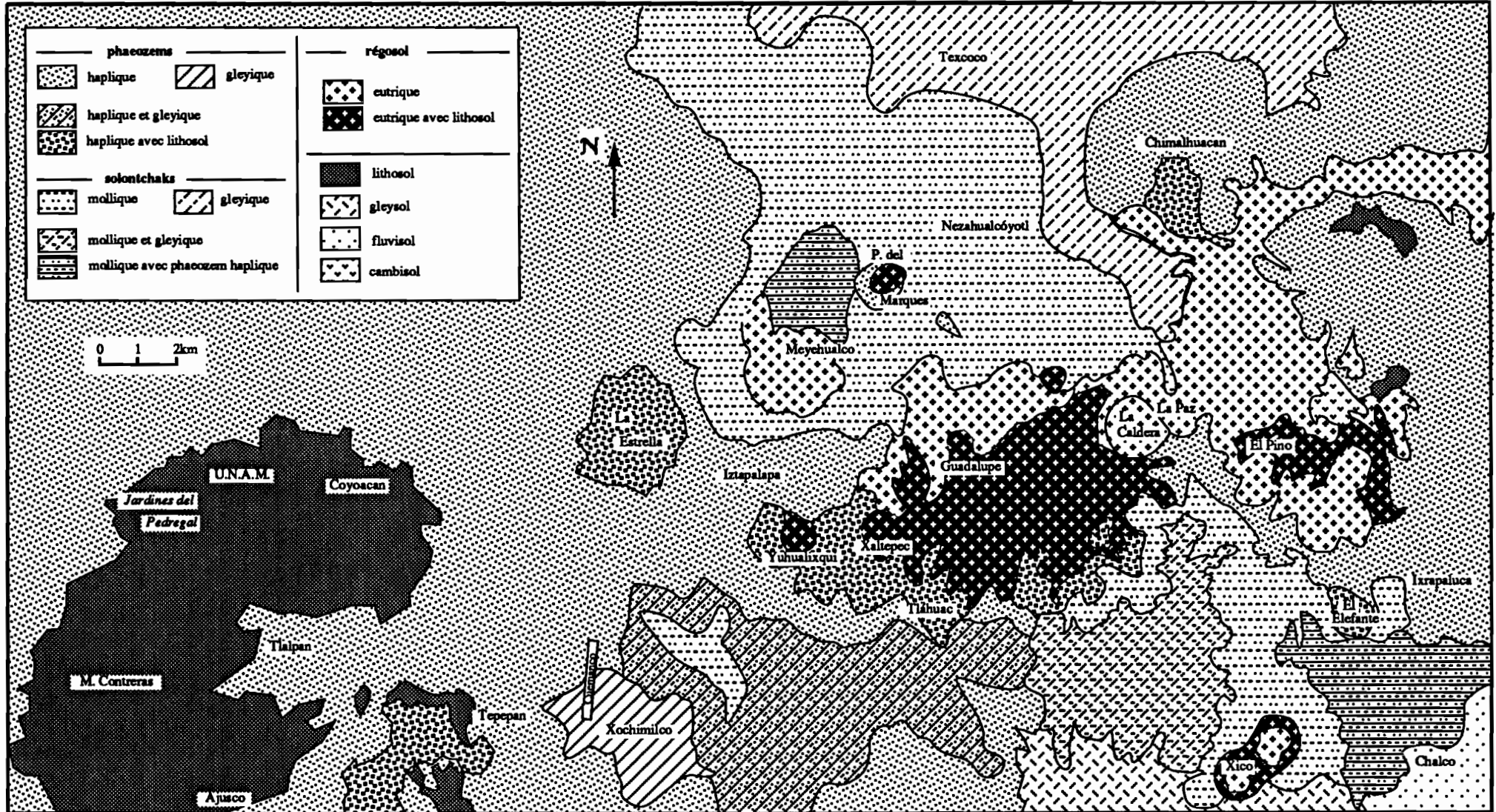


figure 4 : Répartition spatiale des principaux sols du sud de l'agglomération de Mexico (d'après CETENAL, 1979 et SPP, 1983).



Voyons maintenant les principales caractéristiques de la végétation.

Avant l'action anthropique moderne, le bassin de Mexico abritait une végétation abondante dont la grande variété était liée aux contrastes climatiques, fonction des différentes altitudes et des régimes pluviométriques. L'exploitation abusive des ressources forestières depuis l'époque de la colonisation a provoqué le recul des forêts dans les secteurs d'altitude.

Parmi les grandes forêts encore existantes, on trouve, selon les altitudes (Melo Gallegos & Oropeza Orozco, 1988) :

- entre 3.300 et 4.100 m, des forêts de pins (*Pinus hartwegii*), en particulier dans la montagne de l'Ajusco, qui résistent aux conditions extrêmes de haute montagne, associées à une strate herbacée constituée de graminées ;
- entre 2.700 à 3.200 m, s'étend le domaine de l'*oyamel* (sapin, *Abies religiosa*) associé au chêne vert, à l'aulne et au cyprès, dans les sierras de las Cruces, Chichinautzin et Nevada, et des strates arbustive et herbacée particulièrement riches. Les forêts de ce type qui existaient à proximité des secteurs urbanisés ont été dévastées ; elles persistent dans les Parcs nationaux ;
- entre 2.500 et 2.700 m, survit dans le nord une association de genévriers, de pins et de broussailles xérophiles, tandis que dans le sud, on retrouve l'association pins-chênes largement entamée par la déforestation, réduite à des bosquets isolés, et qui a, peu à peu, cédé la place à l'activité agricole.

Aux altitudes proches de celles des secteurs urbanisés, la température, la pluviométrie et la nature du sol sélectionnent les espèces végétales qui occupent l'espace sous forme de *matorrales\** développés à partir des anciennes forêts. On rencontre ainsi le *matorral de palo loco* (*Senecio praecox*) sur les sols volcaniques du secteur de *Pedregal de San Angel*.

Sur les anciens lacs salés, dont le lac Texcoco, une végétation halophite se maintient sous forme de strates herbacées, constituées de *zacahuiste* (*Distichlis spicata*) et de *romerillo* (*Suaeda diffusa*), auxquelles s'ajoutent des graminées sur les sols moyennement salés.

Dans les zones inondées en permanence, on remarque le développement de plantes aquatiques, telles les lentilles d'eau et les *tules*.

L'urbanisation a également favorisé la création de jardins (*Jardines del Pedregal, Pedregal de San Angel...*) et de parcs publics (Parcs nationaux et bois de Tepeyac, de la Estrella, Chapultepec, S. Juan de Aragón...) dans lesquels une végétation appartenant à des espèces exotiques a été plantée. On trouve en particulier : l'eucalyptus, le filao, le styrax, le peuplier et le saule...

Enfin, il existe dans ces espaces verts urbains, privés ou publics, d'importantes surfaces gazonnées, notamment à l'Université (U.N.A.M.), au Country Club, au Club de Golf, et dans les secteurs d'habitat pavillonnaire aisé... que l'arrosage régulier maintient en excellent état, même en saison sèche.

Ce court exposé sur le milieu naturel nous a permis de préciser les conditions de la création et du développement de Mexico. Nous avons vu qu'avant l'action anthropique, le bassin offrait des richesses, exceptionnelles par leurs contrastes, leur diversité et leur abondance. Les premiers hommes se sont établis à proximité du système lacustre, afin de bénéficier des ressources en eau, en terre et en végétaux...

## **2. Evolution de Mexico jusqu'au milieu du XXème siècle**

Nous présenterons ci-après les principales étapes de la croissance démographique et spatiale de la ville de Mexico jusqu'en 1940, date à laquelle, nous l'évoquerons, le Mexique connaît un "boum" urbain. Nous montrerons ici que certaines des structures de l'agglomération actuelle tiennent leurs origines de la ville antique, et comment l'impératif urbain a asservi peu à peu le milieu naturel.

On trouvera en figure 12 du chapitre 2 une cartographie des étapes de la croissance spatiale de l'agglomération, du XVIème siècle à nos jours.

## 2.1. La fondation de Mexico-Tenochtitlan

Les découvertes archéologiques attestent que les premiers nomades ont atteint le bassin de Mexico il y a plus de 20.000 ans (Gobierno del E. de Mexico, 1989, p.7), et démontrent l'existence, depuis 700 ap.J.C. environ, du complexe urbain important de Teotihuacan, situé au Nord-Est du plateau. Vers l'an 1.000, Teotihuacan connaît un déclin caractérisé par une ruralisation croissante des populations de ce centre urbain qui tendent à se disperser et à s'établir sur l'ensemble de la vallée de Mexico, notamment sur les bords des lacs d'eau saumâtre.

Ces mouvements ont pour conséquence la fondation ou le développement de villages :

- au nord : Texcoco (nord-est), Chapultepec (nord-ouest) ;
- au sud des lacs : Xochimilco, Iztapalapa, Culhuacan et Chalco au sud-est...

Par la suite, de nombreux groupes chichimèques venus du nord se sont également installés sur les bords du lac. Des techniques agricoles fondées sur l'irrigation et le système des *chinampas*\* se développent peu à peu, et un réseau très perfectionné de canaux et de digues permet la communication par voie d'eau.

En 1324, les Mexicas fondent Mexico-Tenochtitlan, sur un îlot inhospitalier bientôt agrandi par la construction de *chinampas*. Ils construisent également des édifices religieux dont la localisation et l'orientation, vers le couchant, déterminent l'organisation de la ville. De ce centre, en effet, partent quatre routes principales, les *calzadas*, orientées selon les points cardinaux. Hormis le temple édifié en pierre, en bois et en plâtre, les constructions semblent faites de carex et de boue.

La soumission d'autres peuples (Xochimilco, Coyoacán...) ouvre une ère de prospérité grâce aux tributs que les Mexicas perçoivent des vaincus. Ces revenus participent au développement urbain de Tenochtitlan : en plus de routes, on construit des digues et des aqueducs, notamment pour l'approvisionnement en eau potable ; un système de drainage avec ses canaux régularisent

le niveau des eaux, contrôlent le passage entre les lacs et facilitent les communications et le transport des marchandises.

Ces réalisations apportent des solutions aux trois risques qui ont menacé et menacent encore Mexico : le manque d'eau potable, la pénurie de terres arables et les inondations en saison des pluies.

Au cours du XV<sup>ème</sup> et au début du XVI<sup>ème</sup> siècle (Moctezuma I et II), la cité s'embellit, se couvre de monuments, de jardins et d'espaces verts ; l'urbanisme se règle.

Dans son article *México-Tenochtitlan en 1519*, S. Lombardo expose les grandes lignes de l'organisation urbaine de la capitale aztèque à la veille de l'arrivée des Espagnols (Lombardo, 1988, p.47).

La construction des *chinampas* qui élargissent les terres dans la partie sud de l'île, confère à la cité une forme grossièrement triangulaire<sup>1</sup>. La ville elle-même s'étend alors sur 15km<sup>2</sup>, s'étire sur 3,7 km du nord au sud, et sur 2,9 km d'est en ouest. Sa population est de 60.000 habitants environ avec une densité de près de 4.000 hab/km<sup>2</sup>, et de 300.000 personnes en tenant compte des faubourgs et des villages implantés dans les environs immédiats de la cité<sup>2</sup>.

On a vu ci-dessus que quatre grandes voies de communication ou *calzadas*, partent du noyau central constitué autour de temples dont le *Templo Mayor*, en direction des points cardinaux. Excepté vers l'est, elles se prolongent en digues, interrompues par des ponts-levis, qui traversent le lac, et relient Tenochtitlan avec l'extérieur. Il existe également d'autres digues qui conduisent à la terre ferme : celles du nord-ouest vers Azcapotzalco, avec un embranchement sur la route du nord vers Tlatelolco, un autre sur la *calzada* d'Iztapalapa, au sud, vers l'actuel Churubusco...

En plus de leur rôle de voies de communication, ces constructions permettent l'acheminement de l'eau douce par des canaux disposés de chaque côté de la chaussée.

---

<sup>1</sup> On a dit que la forme générale de México-Tenochtitlan était celle d'un lapin, symbole de la fécondité.

<sup>2</sup> Le nombre de 60.000 a été établi par Cortés d'après le décompte des maisons.

Ces avenues délimitent les quatre secteurs (*huey capulli*) de la cité, chacun ayant son propre centre, mais plus petit que celui du *Templo Mayor*. Les centres de secteur comprennent des lieux de culte, une école, un palais et une place pour son marché... auxquels ont recours tous les habitants de l'*huey capulli*.

Les secteurs sont eux-mêmes divisés en quartiers plus petits (*capulli*), qui possèdent une organisation similaire à celle des secteurs, mais hiérarchiquement moins importants, puis en *îlots* qui regroupent les parcelles.

Les rues s'organisent parallèlement aux avenues principales, et forment un réseau réticulaire. De par l'organisation rationnelle et les lois d'urbanisme strictes, le paysage urbain apparaît comme relativement régulier : rues et axes tracés géométriquement, maisons basses, concentrées, quelques immeubles plus imposants et à l'architecture plus originale dans le centre, avec une place importante accordée aux espaces verts.

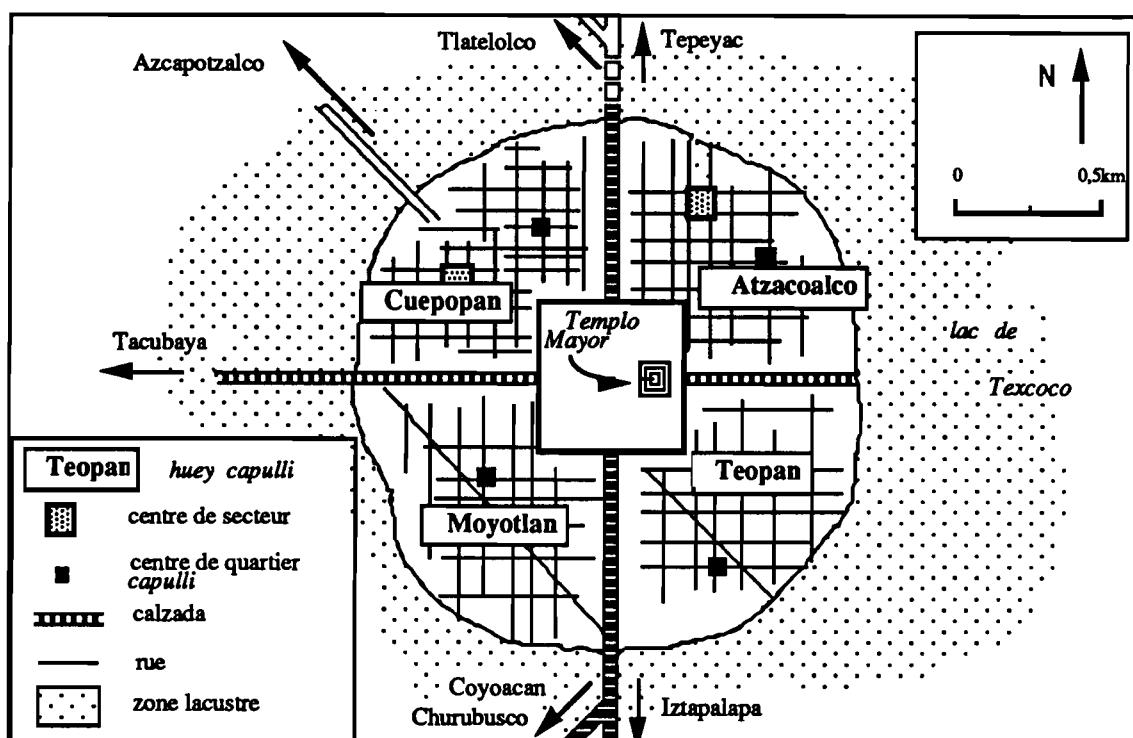


figure 5 : Organisation spatiale de Mexico-Tenochtitlan en 1519.

La noblesse occupant le Centre, la population se trouve concentrée autour de celui-ci, avec de fortes densités, surtout dans la partie nord de la ville. Les constructions semblent plus grandes

et de meilleure qualité vers le centre de l'agglomération qu'en périphérie, où l'on rencontre davantage de huttes et de cabanes, comme d'ailleurs sur les *chinampas*.

Le système urbain du plateau de Mexico intègre à la capitale des villes ou des bourgs satellites.

En 1519, les Conquistadores découvrent Tenochtitlan.

## 2.2. L'ère hispanique

Après sa chute devant Cortés en août 1521, Mexico-Tenochtitlan est rasée puis reconstruite sur les plans de Cortés. La localisation du Centre aztèque, le réseau de communications, *calzadas* et rues, et le système d'approvisionnement en eau sont conservés. Les Espagnols ne remettent donc pas en cause l'organisation générale de la cité, en particulier la structure réticulaire.

L'occupation politique du sol est cependant différente : on délimite une zone quadrangulaire (*traza*) qui restera réservée aux Espagnols. Les divisions administratives des quartiers indiens sont modifiées : les quatre secteurs sont redistribués en deux sections ; les *capullis* disparaissent.

On établit d'abord les fonctions civiles (Palais du Gouvernement sur la *plaza mayor*) et commerciales, puis religieuses à partir de 1525 avec la construction de nombreux édifices : églises, chapelles, monastères, couvents, cathédrale, écoles, hôpitaux... dans le centre, et rapidement à l'extérieur de la ville espagnole par manque de place. La vie sociale et politique s'organise autour des églises et des marchés qui se disséminent aux alentours du centre.

A cette date, la population est de 30.000 habitants, Européens et Indiens confondus, ces derniers ayant été décimés par la guerre, le travail forcé, et les épidémies apportées par les Espagnols.

Dans le dernier quart du XVI<sup>ème</sup> siècle, Mexico connaît une période de construction intense ; la zone réservée aux Espagnols s'étend dans toutes les directions, mais la frontière est de moins en moins hermétique entre les deux communautés.

Un plan peint par Juan Gomez de Transmonte en 1628 montre que l'organisation de la voirie en trame carrée a été adoptée pour l'ensemble de la cité coloniale, orientée nord-sud et est-ouest, et hiérarchisée : avenues jointes par des rues plus petites. De nombreux canaux au tracé tout aussi régulier doublent les communications terrestres et traversent l'agglomération de part en part. Celle-ci est encore globalement entourée par les eaux et les marécages mais, comme le souligne S. Lombardo (Lombardo, 1988 p.54), on remarque que le lac est en voie d'être asséché dans sa partie occidentale, tandis que les forêts anciennes sont largement entamées par les populations à la recherche de bois.

Selon cet auteur, ces modifications écologiques auraient entraîné des perturbations climatiques importantes, notamment dans le régime des pluies, d'où un dessèchement lent du plateau avec baisse du niveau des eaux. Paradoxalement, Mexico est régulièrement inondée lorsque les pluies sont fortes au nord : les lacs agissent comme une série de vases communicants du nord au sud. Les lacs Zumpango, Xaltocan se déversent dans celui de Texcoco, et au sud, les eaux des lacs Xochimilco et Chalco montent.

Cette situation est due au fait que l'assèchement du bassin a rendu inutilisables certains des éléments du réseau hydraulique mis en place par les Aztèques. Les eaux stagnantes et l'accumulation des ordures conduisent les habitants à remblayer peu à peu les canaux désaffectés. Les eaux de pluies ne sont donc plus évacuées ; de grands travaux sont alors entrepris : notamment, en 1607, le percement d'un tunnel d'évacuation des eaux.

Du XVIII<sup>ème</sup> siècle date la création des *vecindades*\* à l'usage des classes populaires, et qui existent encore aujourd'hui dans le Centre historique.

A Xochimilco et à Chalco, on circule encore beaucoup par voie d'eau ; l'approvisionnement de la cité, en provenance du sud, se fait également par le canal de la Viga, qui correspond

aujourd'hui à la *calzada* du même nom, et qui aboutit à quelques *cuadras*\* de la place de la Constitution.

En 1746, sur une population totale estimée à 100.000 habitants, 50.000 seraient espagnols, 40.000 métis et 8.000 indiens. En 1793, la population atteint 113.000 habitants, avec une croissance moyenne annuelle de 0,3%<sup>1</sup>.

Les plans de la ville à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle (Garcia Conde : 1796) ne montrent pas de grandes différences quant au schéma général, par rapport aux documents de 1628, même s'ils prennent en compte les grands travaux réalisés sous l'impulsion du vice-roi Revillagigedo, de 1791 à 1794. Dans le détail, on observe quelques extensions le long des routes et aux confins des rues ; les franges orientales restent exemptes de nouvelles implantations. Ces extensions péri-urbaines sont constituées de petites constructions éparpillées qui ne respectent pas toujours l'alignement des rues de l'agglomération. Elles laissent entre elles de vastes espaces non construits, mais qui commencent à se *piquer* également de constructions abritant les familles indiennes expulsées du Centre vers la périphérie

Au contraire, le Centre, mieux structuré, pourvu en services urbains, est le lieu des grandes activités politiques et commerciales, où se construisent les plus beaux édifices. Ce quartier, occupé en majorité par une population d'origine espagnole, est le symbole du prestige colonial.

Entre le Centre et la périphérie, se maintient une zone-tampon en forme d'anneau, occupée par une population essentiellement métissée qui vit dans des *vecindades*. Il s'y tient les activités du secteur formel et artisanal, les commerces de niveau intermédiaire.

La périphérie voit également se tracer de larges avenues, bordées d'arbres, mais sans constructions, dont les croisements sont aménagés en *glorietta* : places circulaires avec terre-plein central.

Les troubles qui mènent à l'Indépendance (1821), renforcent les migrations vers la capitale : au début du XIX<sup>ème</sup> siècle, 38% de la population est d'origine provinciale.

---

<sup>1</sup> ...alors que la population du pays est de 3,33 millions en 1742, et de 5,2 millions en 1793.



### 2.3. Evolution des structures urbaines de 1821 à 1940

Dans la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, Mexico ne connaît pas de croissance. L'affaiblissement du pouvoir de l'Eglise<sup>1</sup> permet des modifications en de nombreux endroits de l'agglomération : destruction de couvents, ouverture de rues, réaffectation des édifices religieux à des intérêts publics : bibliothèques, logements, hôpitaux, écoles... qui modifient certains caractères de la ville.

La population, 200.000 habitants en 1855, s'élève à 300.000 en 1884, pour atteindre 471.000 à la veille de la révolution de 1910.

Cette croissance se traduit, en termes de consommation d'espace, par l'augmentation de la surface urbanisée : elle a quintuplé en absorbant quartiers indiens, haciendas et communes environnantes. Le développement de réseaux de transport collectif, animal puis mécanisé (tramway), favorise l'expansion de l'agglomération.

Les administrations augmentent de volume ; les activités se diversifient et se spécialisent. L'enrichissement de la cité et l'augmentation de sa population provoquent la création de manufactures et d'industries qui s'établissent autour de l'agglomération.

Les classes aisées commencent à quitter le Centre dont les habitations se détériorent peu à peu, pour s'installer à l'extérieur de l'agglomération dans des quartiers récemment construits plus modernes et au goût du jour. Elles sont remplacées par des populations à revenus plus modestes, qui habitent dans des bâtiments vétustes parfois menacés d'effondrement.

La poussée se fait surtout dans les directions nord-est, nord-ouest, ouest et sud-ouest. M.D. Morales Martinez voit trois étapes dans cette croissance :

- 1858-1883 : croissance vers le nord-ouest (*colonies\* Barroso Sta. Maria, Guerrero...*) quartiers de catégorie sociale moyenne-haute, et l'ouest (*Arquitectos*) ;

---

<sup>1</sup> Nationalisation des biens immobiliers de l'église en 1859.

- 1884-1899 : expansion vers le nord-est (colonies *Morelos, La Bolsa...*), quartiers occupés par une population à bas revenus, et vers l'ouest (*San Rafael, Limantour, Sta Julia...*), de la classe moyenne ;
- 1900-1910 : forte expansion vers le sud-ouest (colonies : *Roma, Cuauhtemoc...*), vers Tacubaya, où s'installent les classes aisées de l'époque du porfirisme. Expansion aussi vers le nord-ouest, qui relie Mexico avec certaines communes : Tacuba relié par *Tlaxpana* et *Sto.Tomas*, Azcapotzalco par les colonies *San Alvaro* et *El Imparcial*, zone qui absorbe à elle seule 57% de la croissance... Au nord et au nord-est, apparaissent les colonies *Peralvillo, Chopo....*

Durant cette période, le sud et le sud-est absorbent 13,5% de la croissance de la population, sans connaître toutefois de véritable expansion spatiale. Cela semblerait signifier une densification de la population dans un quartier déjà très peuplé et vivant dans des conditions difficiles : région à la fois aride et inondable, urbanisation incontrôlée, services et équipements déficients, *vecindades* surpeuplées, dépôts des rejets de l'agglomération...

Désormais, les promoteurs n'agissent plus isolément, mais en entreprises organisées qui, non seulement, construisent, mais encore réalisent elles-mêmes les équipements et les services afin d'élever la valeur de leur produit. Ces dispositions ne concernent pas les classes moyennes et pauvres dont les colonies continuent de connaître de sévères carences en équipements et services, puisque la Municipalité ne peut les assurer.

Ces carences sont en partie dues aux coûts prohibitifs des réalisations. Les frais en effet ne peuvent être amortis à cause de la faible densité d'occupation des zones construites<sup>1</sup>. Les industries qui s'installent à la périphérie, profitent d'un sous-prolétariat incapable de prendre en charge les installations. Par ailleurs, bien que l'on commence à construire des immeubles à étages dans le Centre, la ville se développe essentiellement à l'horizontale, ce qui allonge les distances à desservir.

---

<sup>1</sup> On a vu ci-dessus que la population a doublé au cours de cette période, alors que la superficie de l'agglomération a quintuplé...

L'état précaire de la périphérie n'a plus maintenant pour seule cause la volonté politique de tenir les Indiens à l'écart, c'est aussi une conséquence économique. Son développement aggrave cette précarité et l'on voit se constituer un *anneau de foyers d'infection* : canalisations à ciel ouvert, friches utilisées en dépôt d'ordures et qui servent de repaires aux délinquants...

Si jusqu'au début du XIX<sup>ème</sup> siècle, l'organisation des quelques extensions s'est faite par prolongation des voies de communication, les nouvelles colonies adoptent pour la plupart<sup>1</sup> des dispositions différentes à la trame du Centre historique. Les grands axes, comme Paseo de la Reforma, Av. Chapultepec, l'actuel Insurgentes... bien que rectilignes, rompent en effet avec l'agencement géométrique redessiné par Cortés, et prennent des directions selon des angles divers, adoptant par endroits une disposition étoilée (*gloriettas* du Paseo de la Reforma, d'Insurgentes Centre).

Les réseaux de voirie secondaire, quant à eux, reprennent pour l'essentiel une organisation réticulaire : rues parallèles et rectilignes régulièrement espacées, qui coupent à angle droit un autre réseau de voies parallèles. Toutefois, l'orientation et l'espacement des rues, et donc la taille des *cuadras*, sont variables et semblent s'adapter aux orientations des axes principaux.

Après une période de relative stagnation pendant la Révolution, on observe une reprise de l'urbanisation au début des années 20. L'espace urbain est récupéré sur d'anciennes haciendas dont les terres sont fractionnées et loties par les propriétaires eux-mêmes (Delgado, 1988a). La superficie de l'agglomération passe alors de 2.700 ha en 1900 à plus de 9.000 en 1930 ; elle s'étire en direction du sud et du sud-ouest (axe de l'avenue Insurgentes).

Entre 1930 et 1940, le développement touche les quartiers de l'ouest (les Lomas, Chapultepec) et de l'est (Balbuena) et, dans une moindre mesure, ceux du nord et du nord-est. L'habitat populaire se densifie dans le centre historique ; il côtoie institutions et pouvoirs qui se

---

<sup>1</sup> ...excepté dans la partie Sud.

renforcent. La superficie augmente de 2.600 ha, soit une croissance moyenne annuelle de 2,55%.

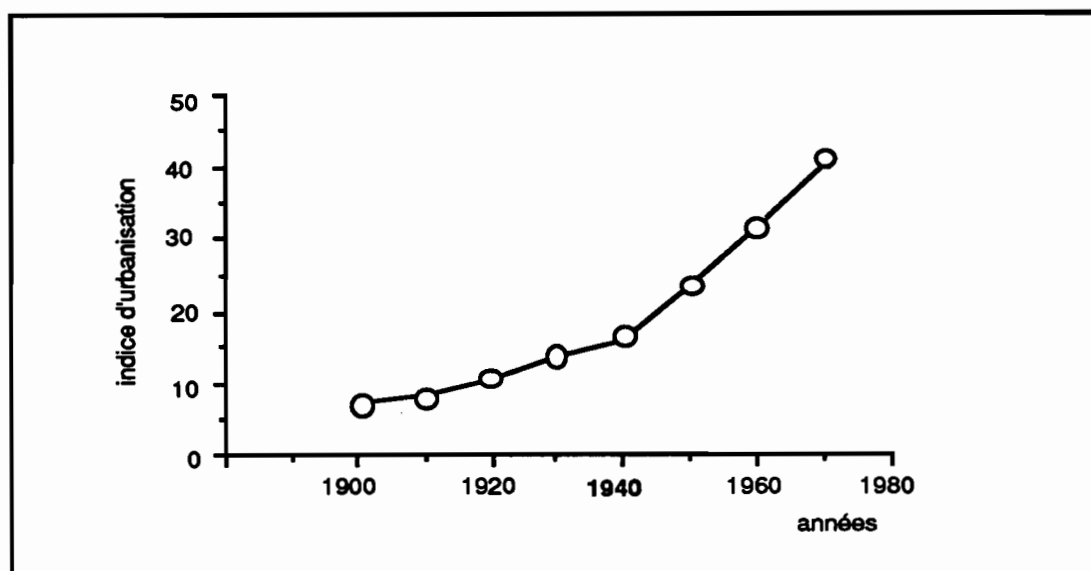


figure 6 : Evolution de l'indice d'urbanisation, 1900-1970 (L.Unikel).

A partir de 1940, le Mexique et en particulier Mexico connaissent les premiers bouleversements dus à une urbanisation intense, comme il en ressort des calculs de l'*indice d'urbanisation* proposé par L. Unikel<sup>1</sup>, dont l'évolution est illustrée par la courbe ci-dessus. On constate que cette courbe présente un point d'inflexion en 1940, date à laquelle le rythme de l'urbanisation s'accélère brusquement.



Au cours de cette rapide présentation, nous avons exposé les principaux caractères de géographie physique qui ont déterminé la naissance et le développement de Mexico. Nous

<sup>1</sup> Indice d'urbanisation de L. Unikel =  $t_{(pu)} \times (0,25p(1) + 0,50p(2) + 0,75p(3) + p(4))$ ,  
avec :  $t_{(pu)}$  = % population urbaine, et  $p(1)$ ,  $p(2)$ ,  $p(3)$ ,  $p(4)$  = % de population urbaine des villes selon leur taille.  
(Unikel, 1978, tableau I-7, p.34)

avons également apporté quelques précisions sur l'environnement, notamment pédologique et lacustre, qui nous aideront à interpréter les données satellitaires dans la suite de ce travail. Nous en retiendrons essentiellement la distribution des sols salés, à l'est du bassin, la présence de l'eau à faible profondeur dans le sud, ainsi que la richesse de la végétation dans la partie méridionale et occidentale de la ville.

La présentation historique nous a montré que, malgré la destruction de la culture aztèque, la ville de Mexico a conservé quelques unes de ses grandes structures précolombiennes : emplacement du centre politique et religieux, grands axes de communication, découpage de l'espace urbanisé en trame rectangulaire, hiérarchie en centres et sous-centres urbains, expansion urbaine horizontale...

Nous avons également fait remarquer les mouvements de population du centre vers la périphérie de la ville, dès l'époque coloniale, et les ségrégations socio-économiques entre les habitants, cristallisées dans la répartition de l'espace et son mode d'occupation.

Enfin, nous avons évoqué les bouleversements du milieu ambiant qui seraient en relation avec la déforestation et l'assèchement du bassin...

Ces cinquantes dernières années sont caractérisées, au Mexique, par une forte croissance de la population urbaine et, corrélativement, de l'espace urbanisé.

Ce sont ces aspects dynamiques que nous allons maintenant étudier.

# Chapitre 2

## Le Mexico moderne : croissance de 1940 à 1990

---

Nous montrerons ci-après l'évolution du volume démographique de l'agglomération de Mexico et ses conséquences en termes d'expansion spatiale, depuis le milieu du XXème siècle, mais surtout à partir de 1960.

Nous évoquerons également les relations entre les croissances démographique et spatiale, ainsi que quelques processus d'urbanisation tels que les perçoivent certains auteurs : cycle densification/expansion, métropolisation, contours concentriques, consolidation...

### 1. Croissance démographique et spatiale

On présentera l'évolution de l'agglomération par étapes de dix ans, ce qui correspond à la fréquence des recensements.

#### 1.1. Période 1940-1950

Au cours de cette décennie, la population conurbanisée augmente de 84% : 2,9 millions d'habitants en 1940, avec une croissance moyenne annuelle de 6,3% (Unikel, 1978), due pour près de la moitié à l'immigration qui s'installe surtout dans le nord (délégations : G.A. Madero,

Azcapotzalco, A. Obregon) avec une densité de 2 à 6 familles par lot<sup>1</sup>, et l'est de la ville : Iztapalapa.

L'expansion des périphéries est renforcée par des migrations internes à l'agglomération : déplacement de population du centre vers l'extérieur.

Le centre, qui reste toutefois assez densément peuplé (3 familles par lot), se spécialise dans les activités administratives et commerciales. L'activité industrielle se développe en effet dans la partie septentrionale de l'agglomération, à proximité d'équipements existants ou accessibles, notamment voies de communication, et entraîne avec elle ses quartiers d'habitat pour familles ouvrières.

Vers le sud, profitant de la décentralisation des commerces et des services, elle prend une forme plus allongée et se propage le long de l'Insurgentes-sud et de la calzada de Tlalpan, incluant Ixtacalco, et Iztapalapa sur son aile orientale, Tacubaya et San Angel à l'ouest, phagocyte Coyoacán au sud et s'avance en direction de Xochimilco. Le sud et l'ouest (Lomas de Chapultepec, Anzures, Polanco...) sont peu à peu habités plutôt par les classes aisées avec une densité moyenne de 1,1 famille par lot.

Dans cette partie de la ville, à Coyoacán, s'installent également des éléments de l'industrie pharmaceutique, tandis que l'est reste la région la plus inhospitalière, encore fréquemment inondée par les eaux du lac Texcoco et où s'entassent les ordures... C'est sur ces terres insalubres qu'apparaissent les premières occupations illégales d'importance.

## 1.2. Période 1950-1960

La croissance de la ville dépasse les limites du District Fédéral, au nord, et implique désormais l'Etat de Mexico : les municipalités de Naucalpan, Tlalneptla et Ecatepec où se renforce

---

<sup>1</sup> Le nombre de familles par lot ne constitue qu'une indication, car il ne tient pas compte de la forme d'occupation du sol: habitat plurifamilial, collectif ou individuel.

l'implantation industrielle, d'ailleurs stimulée par des privilèges fiscaux.

En 1960, 233.000 des 4,7 millions d'habitants vivent dans cet Etat, avec un apport migratoire à la croissance bien supérieur (70%) à celui du D.F. (38%). En termes d'espace, l'Etat de Mexico avait cédé 2 km<sup>2</sup> à l'urbanisation en 1950 ; en 1960, il cède 33 km<sup>2</sup>.

La tache urbaine s'étend en demi-cercle vers le nord, englobant complètement Azcapotzalco, Tacuba et Villa Guadalupe. Elle se densifie également à l'est : Ixtacalco, Ixtapalapa ,et dans une moindre mesure au sud et sud-ouest : Coyoacán, A. Obregon. En 1957, dans le nord-ouest, on met en vente les premiers logements de Ciudad Satelite, centre urbain destiné aux classes moyennes et moyennes-hautes et qui doit accueillir, à terme, 1 million d'habitants.

Le bilan migratoire du Centre est négatif : les vieux quartiers (délégation Cuauhtemoc) perdent 23.000 habitants. La décentralisation de certaines activités du commerce favorise la création de centres secondaires (*subcentro*) dans les banlieues, tandis que les commerces et les services continuent de s'avancer dans le sud le long de l'avenue Insurgentes jusqu'aux quartiers des classes moyennes et aisées (San Angel, Coyoacán...).

Entre les colonies *approuvées*<sup>1</sup>, les espaces laissés vacants voient se multiplier les occupations illégales de terrains, privés ou publics (notamment dans des *ejidos\**), et de véritables quartiers de *paracaidistas* (parachutistes) s'installent dans des conditions difficiles et hors de tout contrôle. L'illustration extrême de ce type d'appropriation et d'occupation du sol en est Ciudad Nezahualcóyotl, excroissance qui s'avance sur le lac, hors du District Fédéral, à l'est de l'agglomération, et dont nous verrons plus loin les caractéristiques démographiques et urbanistiques (§ 1, chapitre 4).

L'urbanisation horizontale, par laquelle chaque famille peut espérer posséder quelques mètres carrés de terre avec maison individuelle, reste préférée à la construction en hauteur. On observe toutefois l'édification d'immeubles sur l'avenue Insurgentes, des constructions plus hautes et

---

<sup>1</sup> ...c'est-à-dire légales.



prestigieuses sur le Paseo de la Reforma, et dans le centre, surgissent des immeubles de bureaux à la place des vieilles maisons "taudifiées". Quelques grands ensembles de *viviendas* (HLM) apparaissent dans le nord.

On trouvera ci-après une localisation des divisions administratives du District Fédéral et de l'Etat de Mexico, dont une partie est incluse dans l'agglomération de Mexico<sup>1</sup>.

### 1.3. Période 1960-1970

Au cours de cette décennie, la population de l'agglomération augmente de 75% (4,9 à 8,6 millions d'habitants). On observe une affirmation des tendances engagées dans les années 50 :

- l'Etat de Mexico connaît une croissance plus forte (22,5%) que le District Fédéral (3,9%), avec un apport migratoire prédominant (75%, D.F. : 15,5%) ;
- les migrations internes du centre vers la périphérie se poursuivent : 800.000 émigrants quittent les délégations de Cuauhtemoc et de M. Hidalgo, mouvements compensés par l'arrivée d'autres immigrants, mais qui laisse un bilan négatif : -0,44% et -0,13% (Schteingart, 1978; p.8 et 15) ;
- d'intenses immigrations de ruraux en provenance de l'ensemble du Mexique, fuyant la misère des campagnes et attirés par le mythe de la *gran capital* ;
- la colonisation à vaste échelle des marges orientales de l'agglomération (délégations : Ixtacalco, Iztapalapa ; municipales : Nezahualcóyotl, La Paz...) et septentrionales (délégation : G.A. Madero ; municipales : Ecatepec, Naucalpan, Atizapan).

La croissance des municipes de l'Etat de Mexico est le résultat d'une politique de décentralisation de l'industrie vers le nord. Les familles ont par ailleurs ralenti leur implantation dans le District Fédéral à la suite de la réduction au tiers du nombre de fractionnements des terres autorisés (1950-60 : 34.000 autorisations ; 1960-70 : 11.000). Cela explique l'essor des

<sup>1</sup> Cette carte correspond à La Zone Métropolitaine de la ville de Mexico (ZMCM) que prennent souvent en compte les publications mexicaines.

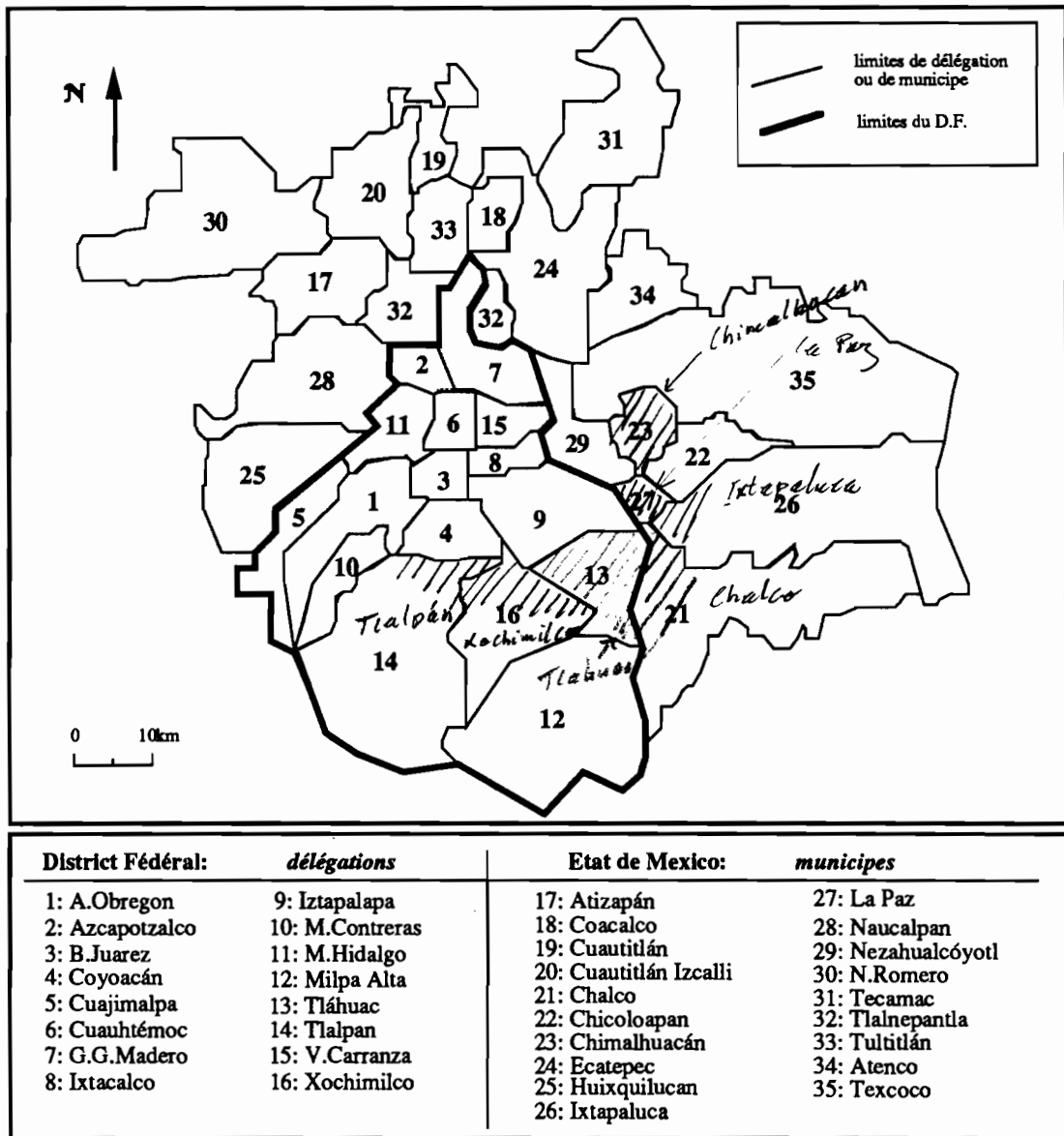


figure 7 : Divisions administratives du District Fédéral et de l'Etat de Mexico conurbanisées à l'agglomération de Mexico.

périphéries populaires de l'est : Nezahualcóyotl<sup>1</sup> voit sa population décupler au cours de ces dix années (de 65.000 à 650.000 habitants). Cette expansion est essentiellement le résultat d'implantations illégales, caractérisées par la précarité des constructions et l'absence de tout service (voir plus loin § 2.1), et où se multiplient les cas de spéculation, d'escroqueries et de corruption (De la Rosa, 1974).

<sup>1</sup> Municipalité créée en 1964.

Dans le District Fédéral même, ces interdictions de lotir aboutissent à un échec que l'on peut apprécier en reprenant l'indicateur proposé par M. Schteingart qui calcule le rapport du nombre de familles installées par lot autorisé. Dans les délégations où les restrictions ont été les plus sévères, on calcule que, en théorie, si les immigrants s'étaient conformés aux règles d'urbanisation, il y aurait 500 familles par lot à A. Obregon, et 1.600 à Ixtacalco (sud-ouest). C'est dire l'échec de la politique d'alors, qui non seulement n'a pas limité la croissance, mais encore est la cause du développement d'une urbanisation sauvage à vaste échelle, c'est-à-dire la cause du non-contrôle de cette urbanisation.

Devant ces constatations, cette politique de restriction est supprimée en 1968. L'indicateur est alors retombé dans des valeurs plus vraisemblables :

*tableau 1 : Nombre de familles installées par lot autorisé : un indicateur d'urbanisation légale (Schteingart, 1978)<sup>1</sup>.*

	1950	1960	1970	1975
G.A.Madero	2	5,6	11	12,4
Azcapotzalco	6	5,6	25,3	--
Iztapalapa	3	5,3	41	7,2
Ixtacalco	3	4,1	1598	--
A.Obregon	4	3,7	19	5,4
Coyoacán	1,1	1,3	497	4,1

Indépendamment des valeurs particulières de la septième décennie, on observe sur ce tableau une tendance générale à l'augmentation du nombre de familles par lot entre 1950 et 1975, qui montre une augmentation du volume de l'urbanisation illégale, plutôt qu'une densification réelle des habitants.

Liée à ces formes d'occupation du sol, la croissance de la surface urbanisée est de 47% pour le District Fédéral et de 418% pour l'Etat de Mexico (soit au total respectivement 462 km<sup>2</sup> et 171 km<sup>2</sup>).

<sup>1</sup> Indicateur =  $Nf/Nl$  ; avec : Nf = nombre de familles recensées, et Nl = nombre de lots autorisés par l'administration.

## 1.4. Période 1970-1980

Dans cette partie, nous examinerons plus en détail les volumes de population, leur croissance et leur répartition spatiale. L'analyse est élaborée à partir des données du recensement général de la population et du logement de 1980<sup>1</sup>. Ces données sont fournies par *entité administrative*<sup>2</sup>, ce qui peut amener des distorsions dans les représentations cartographiques que nous produirons. En effet, les surfaces des divisions administratives limitrophes à l'agglomération ne sont pas totalement urbanisées, alors que le phénomène urbain représenté est cartographiquement étendu sur la totalité de la surface de la délégation ou du municipe.

Dans certains cas, nous avons cartographié l'observation sur la seule surface effectivement urbanisée, d'après le contour de la zone urbanisée retenue dans l'*Atlas de México* (Garza, 1988 (3)). Dans les autres cas, nous prendrons garde de ne pas généraliser le caractère urbain cartographié à des surfaces non urbanisées.

### 1.4.1. Volume démographique

Les estimations intercensitaires de 1975 calculent une population de 8,2 millions d'habitants, dont 30% résident dans l'Etat de Mexico. Nezahualcóyotl compte environ 1,3 million d'habitants, soit un doublement en 5 ans, mais c'est surtout le nord de l'agglomération (Ecatepec et Ciudad Satelite) qui connaît les plus forts changements.

En 1980, la population totale est de 14,3 millions d'habitants, avec une augmentation à 34% de la proportion d'habitants résidant dans l'Etat de Mexico (Graizbord & Salazar, 1988). Dans le District Fédéral, elle se localise surtout dans les délégations de G. A. Madero (1,57 million

---

<sup>1</sup> D'après certaines constatations, les données du recensement de 1980 auraient été sur-estimées par falsification à des fins politiques.

<sup>2</sup> C'est-à-dire, par division administrative: les *délégations* (delegación) dans le District Fédéral, et les *municipes* (municipio) pour l'Etat de Mexico mitoyen à celui-ci.

d'habitants) et d'Iztapalapa (1,32 million ; Bush, 1988). Les quatre délégations du centre (B. Juarez, Cuauhtemoc, M. Hidalgo, V. Carranza) qui forment la *ville centrale* (ciudad central\*), rassemblent 2,69 millions d'habitants.

Dans l'Etat de Mexico, les municipes les plus peuplés sont Nezahualcóyotl : 1,4 million, Ecatepec : 810.000 et Tlalnepantla avec 819.000 habitants.

### 1.4.2. Croissance démographique

La croissance démographique annuelle de l'agglomération de Mexico pour la période 1970-80 est de 5,5%, avec une croissance naturelle élevée qui s'est maintenue longtemps aux alentours de 3%, valeur comparable à l'ensemble du pays. Selon M.E. Negrete et H. Salazar, la baisse de la croissance naturelle que l'on enregistre depuis 1975 est le résultat de la politique menée par les autorités pour promouvoir une politique de contrôle de la natalité, résumée par le fameux slogan : *La familia pequeña vive mejor*, résultats obtenus malgré une baisse significative de la mortalité :

tableau 2 : Taux de natalité, de mortalité et de croissance naturelle de l'agglomération de Mexico - 1960-1980 (%)

périodes censitaires	natalité (‰)	mortalité (‰)	croissance (%)
1950-60	44,7	12,9	3,18
1960-70	41,4	9,7	3,17
1970-80	37,0	7,3	2,97

sources: natalité et mortalité: Bush, 1988, p.129 ; croissance naturelle: Negrete & Salazar, 1988, p.127.

L'impact de cette politique est surtout sensible à l'intérieur du District Fédéral, et se développe plus difficilement dans les périphéries de l'agglomération, où les efforts d'éducation et de prise de conscience se heurtent aux traditions natalistes des ruraux récemment implantés en ville.

On observe de nettes différences des valeurs de la croissance naturelle à l'intérieur même du District Fédéral ; elle est moins prononcée dans les quartiers populaires, à taux de mortalité plus fort, Coyoacán : 5,7‰, Cuauhtemoc : 9‰.

La contribution de l'immigration représente environ 35% de la croissance démographique totale. Le taux d'immigration n'a cessé de baisser depuis 1950, et devient négatif dans le District Fédéral à partir de 1975 (-0,72%) : en 1960, une seule délégation avait un bilan migratoire négatif (Cuauhtemoc : -3,06%) ; en 1980, 8 délégations du centre perdent leur population.

Cette émigration du centre se fait au profit de la périphérie, en particulier des municipales de l'Etat de Mexico (croissance moyenne annuelle : +5,13%).

Les courbes des bilans démographiques ci-après montrent les variations des taux de croissance entre 1910 et 1980, et la contribution du Centre et du District Fédéral à la croissance de l'agglomération.

On constate que l'évolution des délégations du centre déterminait celle de l'agglomération jusque dans les années 40, puisque le domaine urbanisé ne s'étendait guère au-delà. Entre 1940 et 1950, l'urbanisation s'étend sur d'autres délégations du District Fédéral, et le taux de croissance de celui-ci détermine celui de l'agglomération.

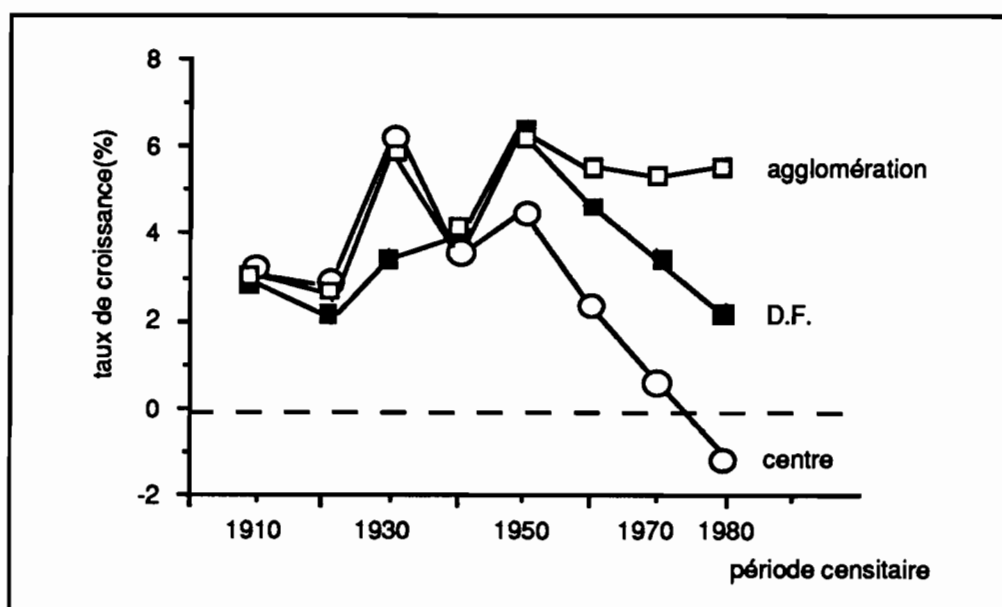


figure 8 : Taux de croissance démographique Mexico (%) - 1910-80.  
(source : Negrete & Salazar, 1988; p.127)

Après 1950, l'urbanisation franchit la frontière du D.F. avec l'Etat de Mexico, au nord et à l'est, et se développe préférentiellement dans les municipes, tandis que le Centre est peu à peu délaissé, entraînant avec lui le D.F. dans son recul progressif.

A partir des données de population concernant la croissance, M.E. Negrete et H. Salazar découpent l'agglomération en trois contours, au-delà de la ville centrale :

- 1) les délégations du proche centre au sud, au nord et à l'est, qui se caractérisent par un taux de croissance diminuant régulièrement après la période censitaire 1940-50 ;
- 2) les délégations de l'extrémité sud du District Fédéral, et les municipes proches au nord et moyennement proches à l'est, dont la croissance diminue à partir de 1960 ;
- 3) les municipes lointains les plus récemment conurbanisés, sur la croissance démographique desquels on n'observe pas encore de réduction de rythme.

Les variations des taux de croissance par contour sont représentées par la courbe de la page suivante (figure 9).

La représentation spatiale des trois contours (figure 10) permet de déduire que les plus fortes croissances dans les années 80 se sont produites à la périphérie de l'agglomération :

- au nord: municipes de Tecamac, Cuautitlán, N. Romero ;
- à l'est : Chicoloapan, Texcoco, Chalco...

### **1.5. Période de 1980 à 1990**

Le recensement de Mars 1990 semblerait montrer un fléchissement de la croissance démographique au cours de la décennie 1980, avec une population d'environ 16,5 millions d'habitants pour l'ensemble de l'agglomération, au lieu de 18 ou 20 millions attendus. Les résultats officiels sont d'ailleurs contestés par certains spécialistes qui voient dans cette sous-évaluation la volonté de faire croire à la réussite de la politique gouvernementale de dénatalité...

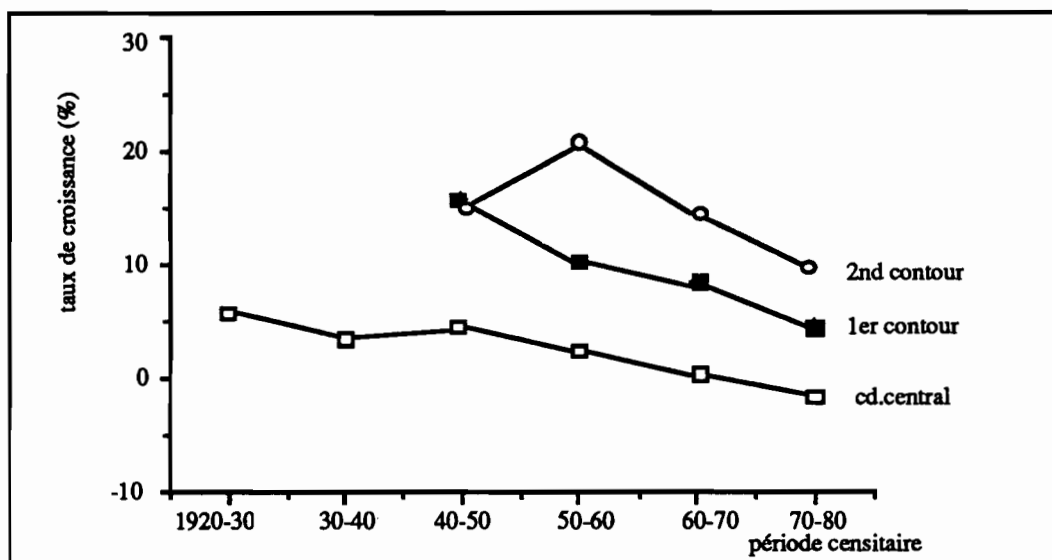


figure 9 : Croissance démographique ville centrale et contours<sup>1</sup>

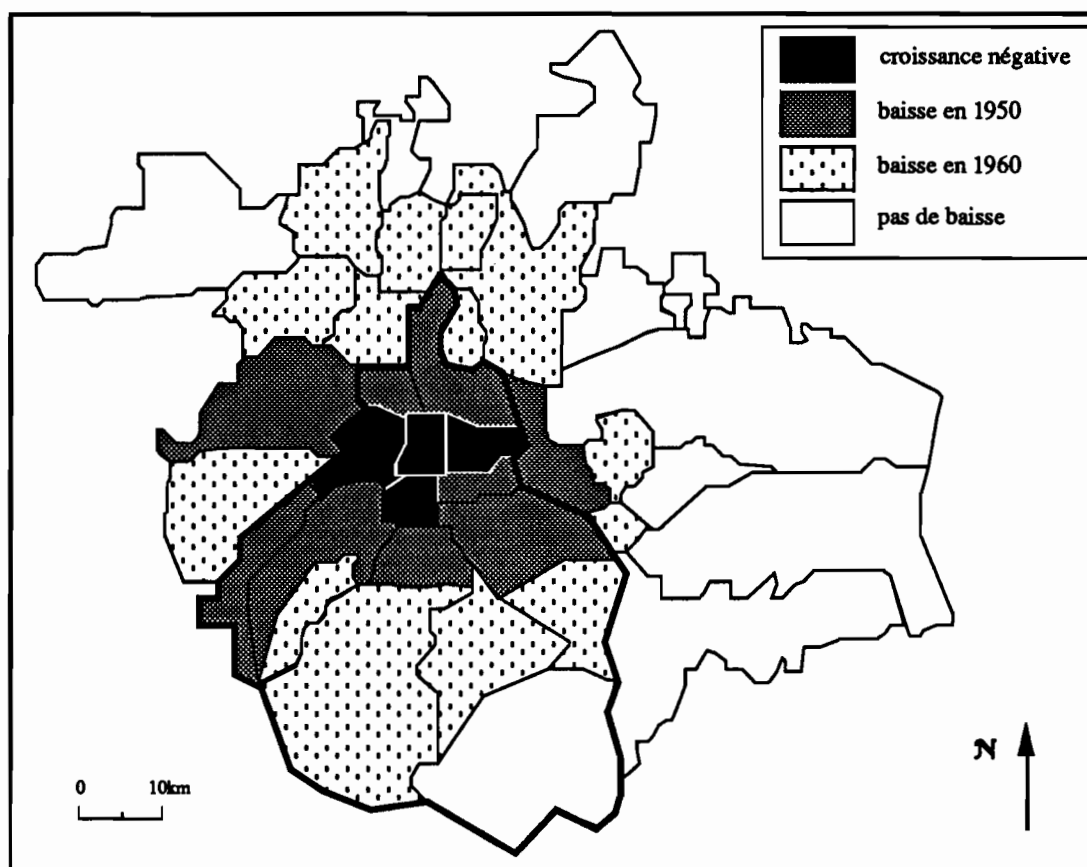


figure 10 : Contours de croissance : baisse des taux de croissance, selon la période censitaire et la division administrative<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Les municipes qui forment le troisième contour n'ayant été conurbanisés qu'au cours de la dernière période censitaire, leur taux de croissance n'est pas porté sur le graphique.

<sup>2</sup> divisions administratives conurbanisées en 1980.



Mais n'avait-on pas soupçonné, en son temps, le recensement de 1980 d'avoir été surévalué également pour des raisons politiques (voir ci-dessus § 1.4) ? Dans ce cas, celui de 1990 pourrait plutôt correspondre à un réajustement...

Quoi qu'il en soit, la tendance générale observée en 1990 correspond certainement à un mouvement réel de fléchissement, malgré une expansion spatiale qui continue, puisqu'elle concerne 27 municipes en 1990. Le tableau 3 ci-après permet la comparaison du volume de population et du nombre de logements entre 1980 et 1990.

Ces données permettent de retrouver les deux tendances observées pour la décennie précédente (voir § 1.4) :

- persistance d'une croissance négative dans les délégations de la *ciudad central* qui continuent de perdre un volume important de population : de l'ordre de -25% durant la période censitaire. Cette décroissance semblerait également gagner les deux délégations mitoyennes du nord : Azcapotzalco et Ixtacalco (environ -20% de croissance démographique), ce qui montrerait la généralisation à l'ensemble des quartiers anciens, du phénomène de déplacement des populations vers l'extérieur de l'agglomération ;
- soudaine et forte croissance des municipes les plus éloignés du centre, en particulier au nord et à l'est, avec des populations qui augmentent de plus de 50% dans plusieurs cas (Atizapan de Zaragoza et Coacalco : 156%, Ecatepec : 155%, N. Romero : 163%...). On remarquera surtout l'explosion de certains volumes de population qui ont doublé en 10 ans (Cuautitlán Izcalli : 188%, Huehuetoca : 260%, Tultepec : 204%, Tultitlan : 180%...), et même presque quadruplé dans les cas des deux municipes de l'est : Chalco (360%) et Chimalhuacán (390%).

On comparera les résultats du recensement de 1990, avec ceux de 1988 établis d'après estimations sur photos aériennes dans la Vallée de Chalco (voir chapitre 5, § 1).

On remarquera également une baisse du volume démographique dans le municipe de Nezahualcoyótl (-6%), mais il semble difficile de lui accorder une quelconque crédibilité : cette banlieue à vocation d'habitation ne peut pas être concernée par un déplacement de population qui ne serait pas remplacée par de nouveaux arrivants (voir plus loin § 2 : *Processus*

tableau 3 : Population et nombre de logements par division administrative conurbanisée, d'après les recensements de 1980 et 1990.

Délégations	population		logements	
	1980 (source 1)	1990 (2)	1980 (3)	1990 (4)
Azcapotzalco	601.524	474.688	116.479	103.452
Coyoacan	597.129	640.066	117.467	143.531
Cuajimalpa	91.200	119.669	115.446	23.448
G. A. Madero	1.513.560	1.268.068	280.251	263.319
Ixtacalco	570.377	448.322	105.103	93.848
Iztapalapa	1.262.354	1.490.499	224.903	295.760
M. Contreras	173.105	195.041	31.178	40.300
Milpa Alta	53.616	63.654	9.407	12.332
A. Obregon	639.213	642.753	122.236	134.613
Tláhuac	146.923	206.700	24.242	39.367
Tlalpan	368.974	484.866	69.747	103.961
Xochimilco	217.481	271.161	39.127	53.051
Benito Juarez	544.882	407.811	133.973	115.433
Cuauhtemoc	814.983	595.960	198.530	159.712
Miguel Hidalgo	543.062	406.868	117.359	99.406
V. Carranza	692.896	519.628	141.654	117.877
total D.F.	8.831.079	8.235.744	1.747.102	1.799.410
Municipes	1980 (source 5)	1990 (6)	1980 (7)	1990 (8)
Acolman	32.316	43.276	5.145	8.361
Atenco	16.418	21.219	2.500	3.799
A. de Zaragoza	202.248	315.192	36.483	77.006
Chalco	78.393	282.940	13.059	56.441
Chiautla	10.618	14.764	1.568	2.659
Chicoloapan	27.354	57.306	1.597	2.308
Chiconcuac	11.371	14.179	4811	11.564
Chimalhuacán	61.816	242.317	10.865	46.231
Coacalco	97.353	152.082	17.723	41.836
Coyotepec	19.800	24.451	2.958	4.249
Cuautitlan	39.527	48.858	6.897	12.496
C. Izcalli	173.754	326.750	31.962	90.718
Ecatepec	784.510	1 218.135	130.470	284.635
Huehuetoca	9.916	25.529	1.761	4.936
Huixquilucan	78.149	131.926	12.973	28.908
Ixtapaluca	77.860	131.357	12.796	29.358
Naucalpan	730.170	786.551	135.302	206.193
Nezahualcóyotl	1.341.000	1.256.115	216.269	314.253
N. Romero	112.645	184.134	19.574	36.883
La Paz	99.436	134.782	17.078	31.028
Tecamac	84.129	123.218	14.964	25.965
Tepotzotlan	27.099	39.647	4.557	8.484
Texcoco	105.851	140.368	17.779	29.671
Tlalnepantla	778.173	702.807	139.694	191.793
Tultepec	22.910	47.323	3.721	10.871
Tultitlan	136.830	246.464	24.085	61.646
Zumpango	51.390	71.413	8.237	13.072
total E. de Mexico	7.564.335	9.815.795	1.289.093	2.223.389

sources : (1) INEGI, 1985, volume 1 Tableau 2.1.4 p.46 ; (2) INEGI, 1991 (1) Tableau 3 p.14 ; (3) INEGI, 1985, Tableau 2.1.7 p.52-70 ; (4) INEGI, 1991 (1) Tableau 37 p.273-274.

(5) INEGI, 1984 volume 1 Tableau 1 p.6-97 ; (6) INEGI, 1991 (2), volume 1, Tableau 2 p.3-88 ; (7) INEGI, 1984 Tableau 18 p.342-347 ; (8) INEGI, 1991 (2), volume 4, Tableau 37 p.1771-1778.

*d'urbanisation*). Ces résultats sont d'autant plus suspects, que le nombre de logements, quant à lui, a augmenté au cours de la même période. Nous verrons en effet, chapitre 15, que Nezahualcoyótl semble au contraire avoir connu une croissance urbaine en son extrémité orientale.

A partir de ces données brutes, nous avons également établi le taux de croissance moyen annuel de la population et construit la figure ci-après représentant les volumes de population de 1990 et leur taux de croissance au cours de la période censitaire 80-90. Cette figure montre :

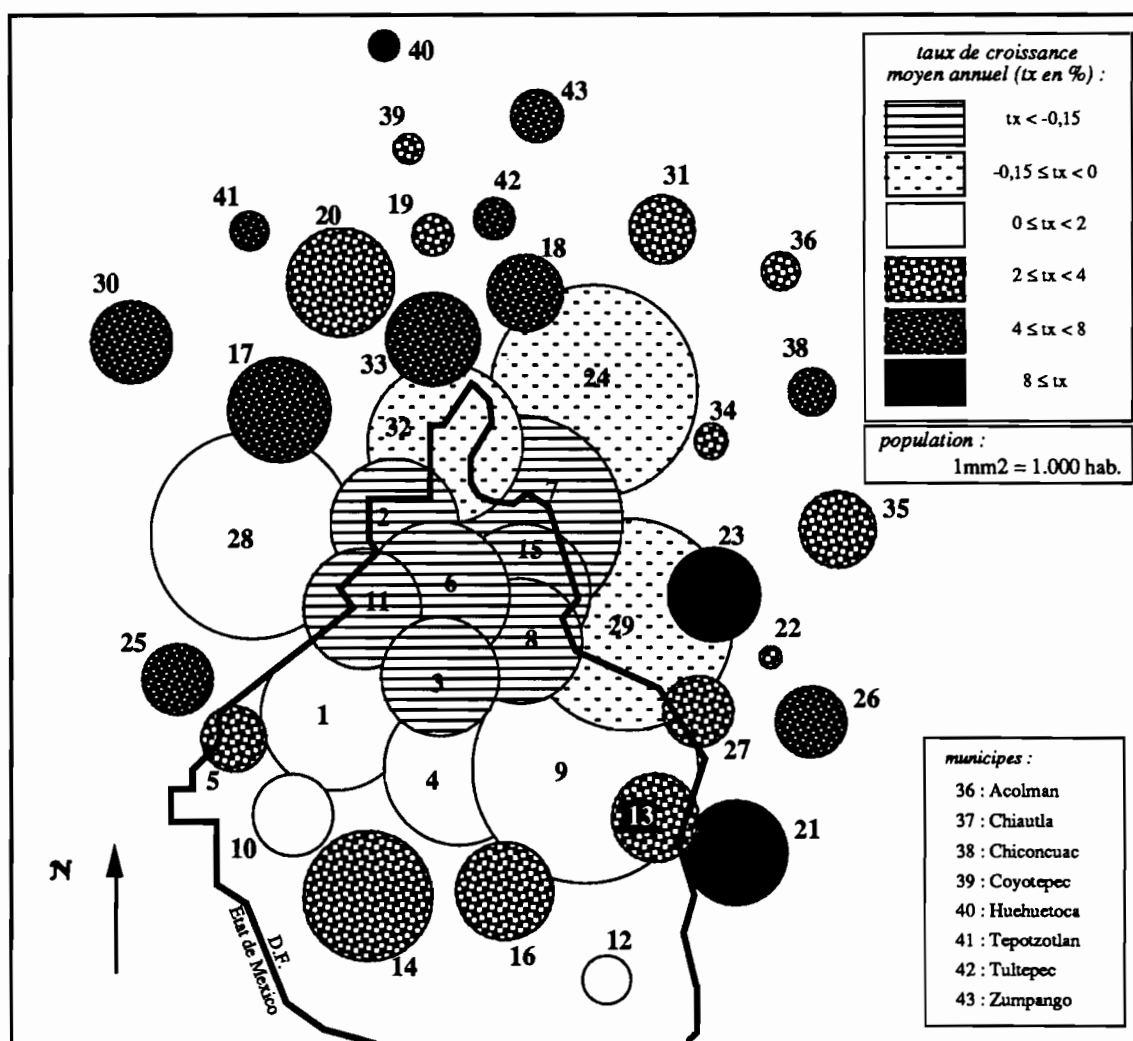


figure 11 : Volumes de population de 1990 et taux de croissance entre 1980 et 1990, des municipes et délégations conurbanisés.

- une forte concentration démographique au centre de l'agglomération (cercles de grande dimension) ;
- des volumes de population qui décroissent vers l'extérieur ;
- une croissance démographique évoluant en sens inverse des volumes : augmentation du taux annuel de l'intérieur vers l'extérieur.

Ce rapide exposé sur les étapes de la croissance de l'agglomération peut se résumer par la figure 12 de la page suivante présentant les phases successives de l'expansion spatiale, depuis l'époque précolombienne jusqu'aux années 1980. Nous avons replacé cette cartographie dans le contexte du bassin (voir figure 1, chapitre 1). On remarque en particulier le développement vers le sud du début du siècle et plus récemment, vers le nord et l'est. Vers le nord-ouest, l'expansion se poursuit le long des axes de communication vers Queretaro, l'expansion du nord-est : en direction de Pachuca. A l'est, le développement s'écoule en suivant les contreforts de la sierra Nevada : vers le nord sur les axes en direction de Texcoco, vers le sud-est : en direction de Puebla.

Les extensions récentes et incontrôlées vers le sud (direction de Cuernavaca) ne figurent pas sur la carte.

On trouvera plus loin, § 3 de ce chapitre, quelques relations établies entre l'expansion spatiale et démographie, mais nous allons auparavant préciser le mode de production de cette urbanisation.

## 2. Processus d'urbanisation

Nous n'évoquerons ici que brièvement les conditions sociales et politiques de l'appropriation du sol, pour insister davantage sur les aspects matériels du développement des nouveaux quartiers. Nous présenterons ensuite quelques-uns des mécanismes de l'urbanisation à Mexico,

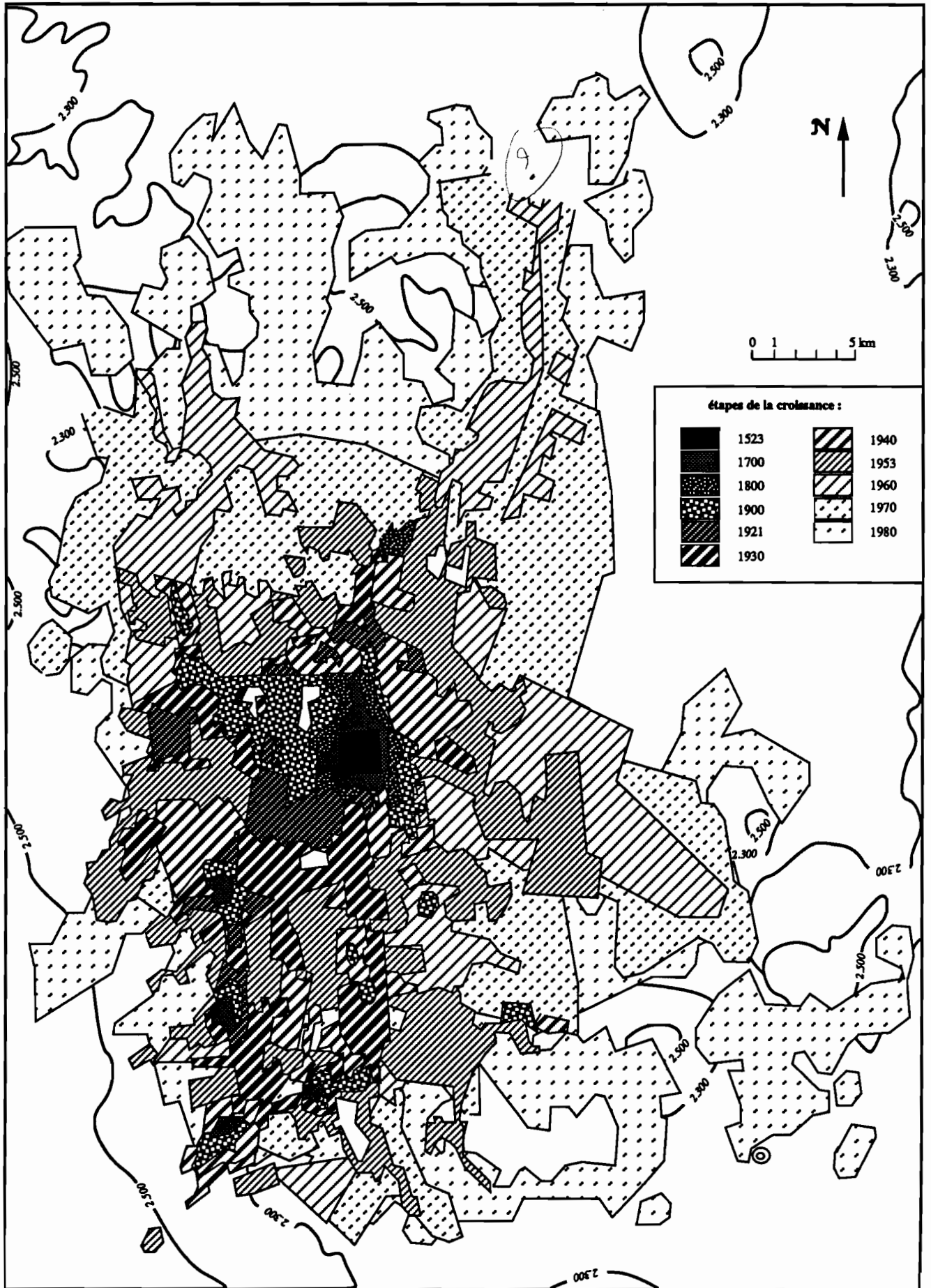


figure 12 : Etapes de la croissance de l'agglomération, du XVI<sup>ème</sup> siècle aux années 1980 (d'après Bataillon, 1973 et Garza, 1988).

en fonction notamment des volumes de population, et nous établirons des relations entre les aspects démographiques et spatiaux de la croissance.

Nous verrons en particulier que la conception, ou plutôt, la sensation de l'espace pour le Mexicain diffère de celle de l'Européen qui en a, par force, une notion plus parcimonieuse, et qui est plus enclin à élever ses constructions plutôt qu'à les étendre.

Par ailleurs, le logement individuel est plus développé en Amérique latine, peut-être par tradition, mais surtout par faiblesse économique qui empêche les prétendants à la propriété de s'installer sur des domaines déjà construits et équipés. Les conditions socio-économiques obligent, au contraire, à l'appropriation illégale de terres vierges et insalubres, et à la construction individuelle progressive ; cette forme d'enrichissement s'obtient par accumulation du travail et conversion des maigres revenus en un bien essentiel et inaliénable à long terme.

L'immigration vers des secteurs encore inexploités, l'appropriation et l'*autoconstruction*\* par des ruraux démunis ou d'anciens occupants du Centre, représentent l'unique moyen de devenir propriétaire dans la Capitale et de constituer un patrimoine. Selon la formulation de V. Castañeda, ceux qui ne peuvent accéder au marché immobilier par l'*acquisition*, y parviennent par la *production*<sup>1</sup> (Castañeda, 1988, p.102).

Comme le montre, par ailleurs, l'enquête de S. L'Hommée sur Chalco, ce n'est pas tant l'intérêt pour un foyer qui pousse à la construction, que la nécessité fonctionnelle de disposer d'un toit, en vue d'une protection. Cette conclusion est renforcée par l'observation fréquente de la *matérialisation des limites protectrices* (clôture de terrains ; L'Hommée, 1990, p.6).

A cela, on peut ajouter que l'appropriation immobilière représente une ascension vers une nouvelle identité sociale, une réussite tangible. Elle est l'aboutissement de l'itinéraire ascendant des familles rurales depuis la misère sur des terres qui ne leur appartenaient pas.

Le volume démographique et la forme atomisée de la construction expliquent les fortes croissances spatiales.

---

<sup>1</sup> La littérature mexicaine consacrée à ce sujet utilise en particulier le terme *pobladores*\* (*qui peuplent*) pour désigner ces populations créatrices de quartiers.

## 2.1. Les conditions socio-économiques de l'appropriation des terres : migrations et consolidation

Dans son étude du processus d'urbanisation dans la vallée de Chalco, M-T. Banzo décrit les conditions socio-politiques dans lesquelles l'espace rural se transforme en zone urbaine, notamment par occupation d'*ejidos* que la Réforme Agraire a pourtant déclarés *inaliénables*, mais qui deviennent objets de spéculation à la suite de manipulations douteuses (Banzo, 1990). Selon M-T. Banzo, l'Etat est contraint à une certaine tolérance par nécessité de satisfaire une population qui n'a pas d'autre moyen que l'illégalité pour accéder au marché immobilier. Ajoutons que cette sorte de *contrat social* satisfait l'ensemble des protagonistes : agents de l'Etat intermédiaires, spéculateurs immobiliers, nouveaux propriétaires demandeurs et, même, anciens bénéficiaires ou propriétaires envahis lorsqu'ils vendent leurs terrains urbanisables<sup>1</sup>. Cette pratique intervient comme régulateur des tensions politiques dans une société en déséquilibre à cause de la forte disparité des richesses.

### 2.1.1. Migrations

L'installation sur de nouvelles terres est engendrée essentiellement par des mouvements migratoires internes à l'agglomération ; on remarque ainsi que 36% des habitants de Chalco sont nés dans le District Fédéral et 24% dans la Vallée de Chalco elle-même (Gobierno del Estado de Mexico, 1989, p.19).

Jusque dans les années 70, la croissance spatiale de Mexico était surtout due à un apport migratoire extérieur à l'agglomération. On avait cependant observé des mouvements internes de population, en particulier depuis le centre ancien vers la périphérie (voir plus loin les délégations déficitaires) : le Centre *taudifié* servait de "point de chute" aux nouveaux arrivants,

---

<sup>1</sup> L'auteur précise que le prix d'un terrain vierge de 200 m<sup>2</sup> à Chalco, en 1990, s'élève à 2 millions de pesos (environ 4.000 F). Le cultivateur qui vit avec difficulté sur 1 ha, peut espérer fractionner son terrain en une cinquantaine de lots. En des zones plus favorisées, le prix peut être multiplié par 2 ou par 3.

qui se déplaçaient ensuite vers des logements moins dégradés de la périphérie, lorsque leur situation économique le leur permettait<sup>1</sup>.

Au cours de ces dix ou quinze dernières années, il semble que l'on assiste à une modification des circonstances dans lesquelles s'effectuent les migrations créatrices de quartiers :

- les nouveaux quartiers sont construits par des *colonos* en majorité métropolitains ;
- les migrations ne semblent plus dues essentiellement à une amélioration des moyens de subsistance des migrants mais, au contraire, à leur impossibilité de faire face aux coûts inhérents à la prise de valeur de leur propre bien et du lieu de résidence.

Dans son article sur les *problèmes du sol et la politique urbaine*, A. Iracheta propose une modélisation des interactions entre les mouvements migratoires urbains et l'évolution du marché immobilier que nous résumons ci-après (Iracheta, 1988) :

- les populations qui n'ont pas accès au marché immobilier régulier, s'installent illégalement sur des terres non-urbanisées ;
- par des pressions, les pionniers obtiennent de l'Etat la régularisation de leur situation, les services et les équipements... installations auxquelles, d'ailleurs, ils participent activement et financièrement ;
- à force de travail, ils construisent un quartier ;
- le quartier équipé prend de la valeur ;
- des pressions foncières s'exercent sur les *colonos* ;
- les habitants sont expulsés et envahissent de nouvelles terres non-urbanisées situées plus à l'extérieur de l'agglomération<sup>2</sup>...

<sup>1</sup> Ces mouvements n'étaient pas tous volontaires: il existait bien entendu des cas d'expulsion, lors d'opérations de réhabilitation des vieilles bâtisses.

<sup>2</sup> On notera que les départs vers l'extérieur de l'agglomération peuvent être également volontaires dans la mesure où les propriétaires bénéficient de la plus-value acquise par leur propriété. Il existe en effet des professionnels de la spéculation individuelle qui achètent et revendent leur lot à intervalles réguliers... On ajoutera qu'il existe, cependant, des *îlots de stabilité* dans l'agglomération, caractérisés par le maintien sur place des propriétaires fondateurs des quartiers. Ainsi, A. Lourdes Vega fait remarquer que 80% des *colonos* fondateurs de Nezahualcoyótl sont encore présents au début des années 90, ou en tous cas depuis plus de 20 ans (Lourdes Vega, 1991, p.167).



Ce processus, représenté schématiquement ci-dessous, montre que la ville génère en partie sa propre croissance spatiale. Ces modifications dans l'espace sont vraisemblablement à mettre en relation avec des mutations de la société urbaine, telles que l'émergence et le propre développement des classes moyennes qui cherchent des logements moins densément peuplés, et qui se portent acquéreurs des anciens quartiers pionniers.

Au développement urbain d'origine sociale, s'ajoutent les effets de la croissance démographique : croissance naturelle et apport migratoire par exode rural ou régional, même si ces composantes ont tendance à diminuer.

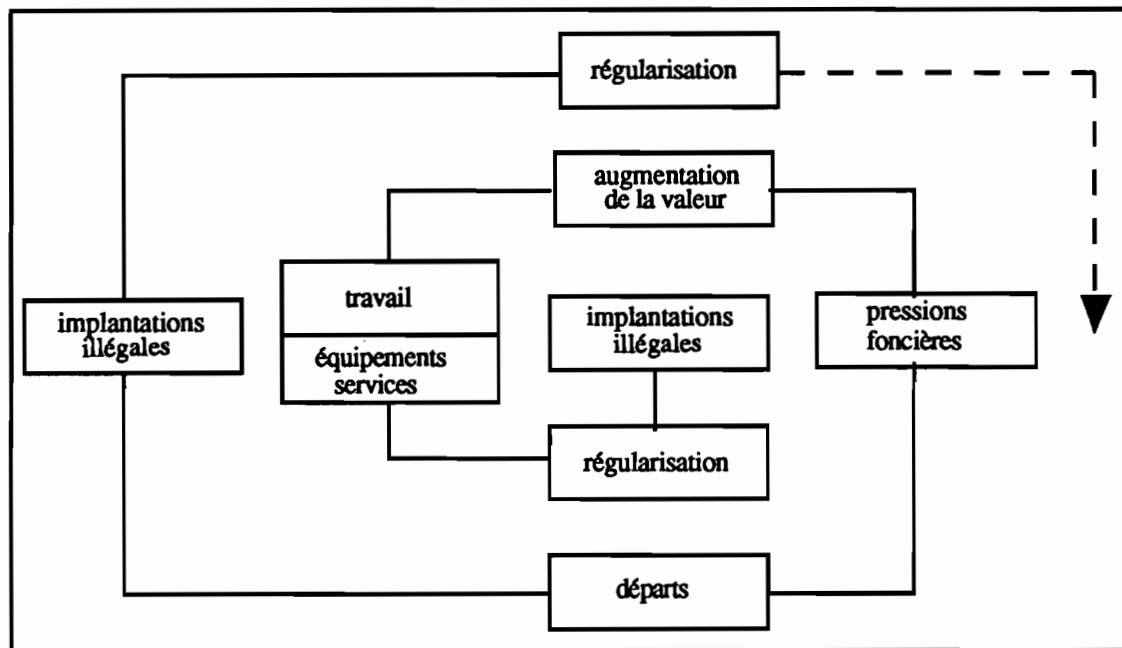


figure 13 : *Modèle d'Iracheta simplifié* : Processus circulaire et cumulatif de la ségrégation socio-spatiale (d'après Iracheta, 1988, p.71).

On constate par ailleurs que ce facteur social constitue un moteur de structuration de l'espace urbain. En effet, on peut déduire de ce processus une organisation et une distribution spatiale particulières des tissus urbains, où les quartiers non consolidés se trouvent à la périphérie et se déplacent avec elle vers l'extérieur, tandis que les quartiers anciens se consolident à l'intérieur. Le séjour intermédiaire dans l'agglomération ne fait pas oublier aux immigrants leurs origines, et ces quartiers nouvellement fondés sont en fait le lieu de mélanges des cultures, des langues et des traditions régionales, remarquables selon J. M. Juarez Nuñez, pour leurs richesses, leur

fécondité et leur dynamisme (Juarez Nuñez, 1990). Cette concentration urbaine n'est pas à tous points de vue l'*inhabitable Tour de Babel* que dépeint F. Tudela (Tudela, 1991) ; elle est par certains côtés génératrice de mouvements créateurs, voire artistiques : graphisme, peinture, musique (*rock urbain*), folklore (*Super-Barrio*)... exprimant souvent, il est vrai, le désespoir.

### 2.1.2. Consolidation

Le plus souvent, les lots sont construits avant la régularisation de propriété. L'étape de la *consolidation* fait suite à l'implantation proprement dite, et correspond à une période assez longue de construction et d'amélioration du quartier en vue de son intégration dans les systèmes de l'agglomération.

Cette phase de consolidation n'existe donc pas dans les quartiers aisés, et reste inconnue dans les pays développés, où la création d'une habitation implique d'emblée une construction en dur, son équipement et son raccordement à l'ensemble des services...

A leur arrivée, les nouveaux occupants dressent en hâte des abris précaires pour eux et leur famille, par nécessité de se loger, mais aussi par volonté d'occuper le terrain et de marquer leur présence<sup>1</sup>. Le peu de fortune des nouveaux occupants et la nécessaire rapidité de la construction, déterminent la nature des matériaux utilisés: légers et peu coûteux. On trouve parmi ceux-ci des briques de terre sèche, des planches, des éléments de carton et des feuilles de plastique, éventuellement des éléments de carrosserie automobile. Pour les toits, les tôles métalliques sont de moins en moins utilisées ; c'est la *tôle* ondulée en carton qui est, dans un premier temps, le plus couramment utilisée.

L'abri n'est constitué que d'une seule pièce dans laquelle se déroulent toutes les activités familiales. Les latrines sont isolées de la maison ; elles sont constituées d'un simple trou dans le sol ou d'un puits perdu.

---

<sup>1</sup> Les invasions mobilisent généralement plusieurs familles ; elles se produisent la nuit, ou dans les champs de maïs à l'époque de sa plus grande taille...

Le reste du terrain, généralement privé de végétation, est un débarras d'objets quotidiens, de matériaux de construction et parfois d'ordures. L'ensemble du quartier est dépourvu des services et des équipements élémentaires : eau, électricité, égouts, ramassage des ordures, transports, police, école, dispensaire, stabilisation des chemins... font défaut. Leur installation ne peut officiellement débiter qu'après régularisation de la situation. Toutefois, les commerces et services privés s'établissent rapidement : installation de boutiques de produits alimentaires (*tiendas*) au coin des rues<sup>1</sup>, premières lignes de taxis et de mini-bus (*peseras*), écoulements provisoires des eaux usées...

L'enquête menée par le *Projet Chalco*, nous apportera plus loin une illustration des conditions de création, de survie et d'évolution de ces *villes perdues*.

La consolidation consiste donc dans :

- le remplacement progressif des constructions précaires par des constructions en dur, généralement avec des sous-étapes dans l'utilisation des matériaux (la tôle de fibro-ciment fait suite au carton avant la définitive dalle de béton) ;
- l'équipement et l'agrandissement des logements ;
- l'équipement du quartier lui-même.

Lorsque qu'une certaine masse critique est dépassée, le regroupement des habitants du quartier constitue une force sociale qui, soit organise ou finance ses propres services et travaux de viabilisation, soit fait pression sur le pouvoir politique local pour obtenir gain de cause à ses revendications en services et équipements.

La régularisation des propriétés, tractations au cours desquelles interviennent divers Mouvements populaires et politiques reconstitués localement : Mouvements urbains (CONAMUP) et paysans..., favorise l'organisation des services de première nécessité, au moins sous forme provisoire : distribution d'eau par camions-citernes (la *pipa*), creusement de fossés de stagnation des eaux de pluie et des eaux usées, raccordements pirates sur le réseau électrique...

---

<sup>1</sup> Ce sont généralement les premières constructions en dur et en hauteur...

Une vingtaine d'années d'efforts individuels et collectifs sont nécessaires pour parachever l'urbanisation des quartiers au cours de cette étape de consolidation. L'implantation des habitants ne s'effectue pas de manière uniforme et simultanée ; les ressources de chacun d'entre eux et les aléas économiques font que la consolidation d'un quartier n'est pas homogène dans l'espace et le temps. Cette étape de gestation et de lente élaboration crée de forts contrastes dans un même paysage où se côtoient maisons en dur à deux étages, terrains vagues, abris de terre et de carton, chantiers abandonnés, dépôts de matériaux, terrains agricoles (voir enquête terrain)...

Comme nous l'avons vu ci-dessus, les pobladores quittent le quartier qu'ils ont fondé au fur et à mesure qu'il se consolide. Peu d'entre eux le verront donc sous sa forme définitive.

Les transformations des quartiers se traduisent à l'échelle macroscopique par des phénomènes que nous allons maintenant évoquer.

## 2.2. Métropolisation

Luis Unikel définit la métropolisation d'un centre urbain, *d'une part comme le passage d'une économie à prédominance agricole, vers une économie à caractère urbain d'autre part comme l'expression d'une interdépendance croissante entre les centres urbains et leurs zones périphériques* (Unikel, 1978, p.116).

Pour le géographe, la métropolisation signifie donc une intégration physique et fonctionnelle de centres urbains, à l'origine centres locaux indépendants. La métropolisation consiste en une conurbation de ces centres épars qui deviennent alors des quartiers de la métropole, c'est-à-dire qu'ils ne constituent plus des centres, mais des parties d'un tout. Cela implique la création de liens plus quotidiens et essentiels, en ce sens que la dépendance entre les quartiers concerne les détails de la vie de ses habitants : non seulement hiérarchie administrative, mais également

marché du travail, occupation du sol, approvisionnement, communications, raccordement aux réseaux...

Selon J. M. Juarez (UAM-Xochimilco), le concept de métropolisation est apparu au moment de la percée des *Ejes viales* à Mexico (voir chapitre 3, § 2). L'idée suggère que ce puissant réseau de circulation rapide a permis l'intégration de vastes territoires urbanisés qui, sans communications aisées, vivaient encore repliés sur eux-mêmes, formant des localités physiquement jointes, mais fonctionnellement disjointes.

J. Delgado voit dans la croissance urbaine des phénomènes de métropolisation locale et propose un modèle de *croissance par conurbation*. Celui-ci se déroule à partir d'un noyau initial qui peut être un village ancien ou une implantation plus récente, mais au départ éloignée de l'agglomération (Delgado, 1988 (1)). Selon cet auteur, on observe les étapes suivantes qui se déroulent à l'échelle d'un petit centre initial, mais qui peut prendre une ampleur imprévisible (exemple : Chalco) :

1) la progression de l'agglomération principale (Mexico) et son rapprochement du petit centre indépendant, induit un essor démographique par apport de population. On notera que ce centre a pu connaître une phase d'émigration, plusieurs décennies auparavant, avec le départ de population vers Mexico, notamment lorsque la précarité des transports d'alors ne permettait pas de migrations pendulaires.

2) la croissance démographique entraîne une occupation du sol de type urbain, mais sous forme extensive, et qui se développe peu à peu autour du noyau. Dans certains cas, ce noyau a déjà accueilli des entreprises industrielles décentralisées, en particulier s'il se trouve sur un axe de communication inter-régional.

3) des lotissements et des établissements illégaux se développent le long des voies de communication, joignent d'autres noyaux et, ensemble, constituent leur propre métropolisation à l'échelle locale, avant même d'être absorbés par la véritable métropole.

4) les vides laissés entre ces cordons urbanisés sont lotis ou envahis et se comblent peu à peu.

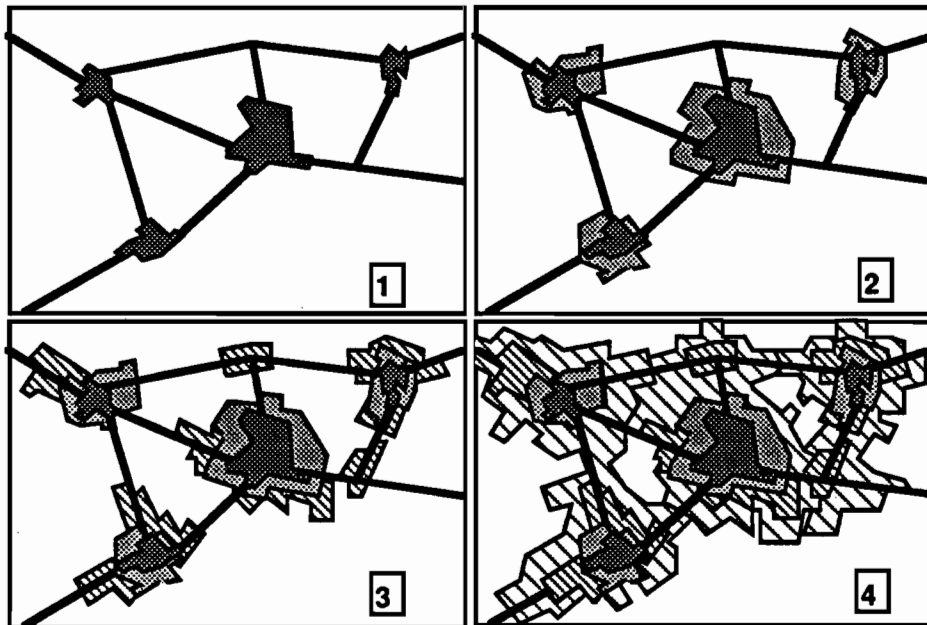


figure 14 : Processus de métropolisation locale d'après J. Delgado.

On peut ajouter que le processus d'intégration de la mini-métropole à la grande suit le même schéma de croissance par conurbation : développement des périphéries, jonction par l'urbanisation le long des voies de communication, comblement des vides...

La mise en évidence de ce mode de croissance permet, selon l'auteur, de prévoir les futurs centres urbains susceptibles d'être captés par l'agglomération de Mexico. Leur croissance et leur densification démographiques, leur localisation sur le réseau et leur tendance à se regrouper localement, sont autant de symptômes d'une croissance prochaine de l'agglomération principale dans leur direction. Une telle hypothèse n'est pas sans intérêt pour la télédétection qui permettrait de localiser le développement rapide de ces petits centres.

Actuellement, les municipes de Texcoco, de Teotihuacán, de Zumpango, etc..., à l'est et au nord, subissent de tels processus de métropolisation locale avec les villages de leur voisinage. Ces municipes constitueraient le quatrième contour des étapes de la croissance de Mexico, à l'extérieur des trois premiers que nous examinerons plus loin.

Ces secteurs, non encore intégrés à l'agglomération mais en mutation, devraient par conséquent faire l'objet d'attentions particulières. Cela ne signifie pas pour autant que les périphéries de Mexico-même n'interviennent pas dans les mécanismes de l'urbanisation, puisque le processus par conurbation n'exclut pas le schéma habituellement traité de croissance depuis le centre : la *croissance-fourmi* (*crecimiento hormiga*).

En effet, l'agglomération de Mexico produit sa propre croissance, mais elle intervient aussi sur le réseau urbain de l'environnement immédiat avant de s'en nourrir. Son influence *excite* à distance les centres locaux dont la croissance apparaît comme reflet de la croissance de l'agglomération principale..

Nous verrons que certains aspects de ce modèle peuvent être appréhendés par image satellitaire (voir chapitre 15).

Examinons maintenant quelques aspects de l'urbanisation liés aux population et à l'expansion spatiale.

### **3. Espace et démographie**

Nous verrons ci-après les effets de l'urbanisation en termes de consommation d'espace, et les relations que l'on peut établir entre les volumes et la croissance de population urbaine et l'expansion spatiale. Nous envisagerons en premier lieu l'extension de la zone urbanisée des années 80, les densités de population et leur répartition ; nous verrons enfin comment évoluent ces deux facteurs l'un par rapport à l'autre.

#### **3.1. Surfaces urbanisées**

En 1980, la superficie effectivement urbanisée atteint 1.115 km<sup>2</sup>, soit environ 70% de plus qu'en 1970, répartie pour 56% dans le District Fédéral.

La figure 15 ci-après montre la répartition des taux d'urbanisation<sup>1</sup> par division administrative :

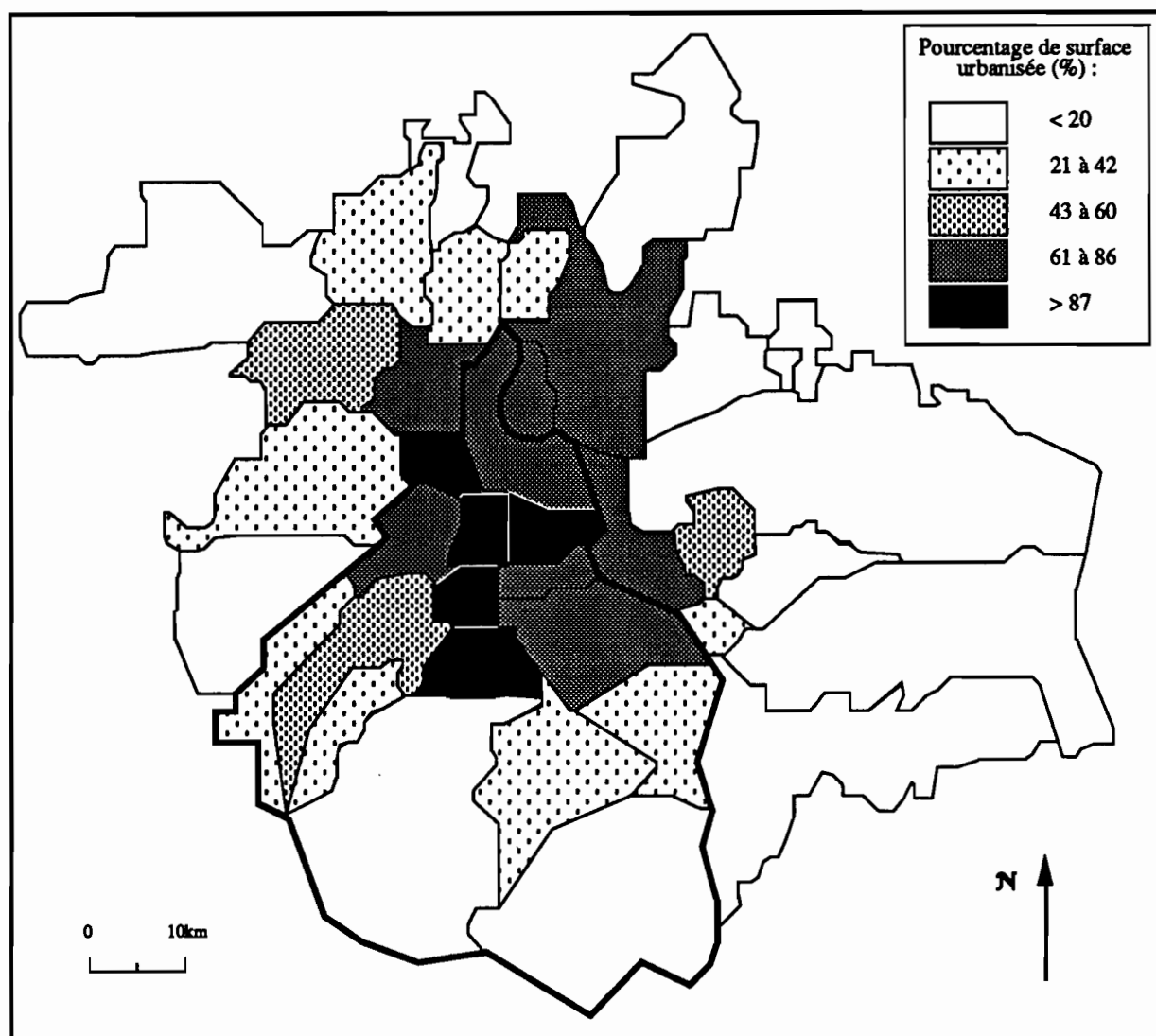


figure 15 : Proportion de surface urbanisée, par division administrative - agglomération de Mexico - 1980.

Pour l'interprétation de ce document, on prendra en compte la remarque ci-dessus concernant les statistiques émises à partir des divisions administratives plutôt que le territoire réellement urbanisé<sup>2</sup>. Ces réserves faites, il est cependant possible de faire quelques observations sur les taux d'urbanisation à partir de ce document .

<sup>1</sup> Par *taux d'urbanisation*, on entendra ici le rapport de la surface urbanisée de l'entité administrative à sa surface totale, sans référence à la population.

<sup>2</sup> Tlapan, par exemple, est densément ou très densément urbanisé dans le quart septentrional de son territoire, alors qu'il ressort en zone très peu urbanisée. C'est l'inconvénient des indicateurs qui établissent des moyennes ou des rapports sur des objets recouvrant de grandes diversités. Pour une analyse plus fine, il serait nécessaire de prendre en



Les délégations urbanisées à 100% apparaissent dans le centre et à Coyoacán, ce qui semble donner une orientation préférentielle nord-sud. L'urbanisation s'est en effet développée depuis le début du siècle le long des grands axes de communication<sup>1</sup> : Insurgentes-sur et calzada de Tlalpan vers les quartiers résidentiels et d'activités tertiaires du sud, aisés à l'ouest, populaires à l'est, et l'autoroute de Queretaro vers le nord, avec ses quartiers industriels et ouvriers.

Par ailleurs, certains facteurs de géographie physique déterminent la distribution semi-circulaire nord-est des surfaces fortement urbanisées, ainsi que la répartition spatiale des secteurs entre eux selon leur taux d'urbanisation.

Les accidents topographiques des délégations de l'ouest (sierra de las Cruzes) et surtout du sud (Ajusco) limitent l'expansion de l'agglomération dans ces directions, d'autant qu'on a déclaré *zone protégée*, c'est-à-dire inconstructible, une partie de ces domaines. Elles interrompent l'urbanisation sur des distances plus courtes : faible frange entre l'urbain dense et le non-urbain, traduits par de forts gradients dans la proportion des surfaces urbanisées (Coyoacán-Tlalpan). Nous verrons dans le chapitre 15 que, en fait, d'importants secteurs s'urbanisent sur le massif de l'Ajusco, notamment le long de la route Mexico-Cuernavaca...

Au nord-est, on observe également une limitation de l'expansion de la ville liée aux conditions naturelles : les zones encore inondables des municipes de Texcoco, d'Atenco et d'Acolman. Là aussi, l'urbanisation s'interrompt brutalement : "ligne de démarcation" à l'est d'Ecatepec, au nord de Nezahualcóyotl et de Chimalhuacán.

Au contraire, au sud-est, les tissus urbains se relâchent peu à peu au fil des dizaines de kilomètres qui s'avancent sur les terres plates des anciens lacs : Tláhuac, La Paz, Ixtapaluca, Chalco<sup>2</sup>... Ce gradient plus faible est matérialisé par des proportions de surface urbanisée décroissantes d'ouest en est.

---

compte les colonies ou les AGEBS (surface statistique de base), mais nous ne disposons que de données par délégation et communes, ce que, du reste, beaucoup de chercheurs utilisent.

<sup>1</sup> voir plus loin carte des axes de communication.

<sup>2</sup> Certains secteurs se trouvent sous les eaux en permanence ou périodiquement.

### 3.2. Densités

La connaissance des volumes de population, de leur répartition et des surfaces urbanisées, nous permet d'étudier les densités de population dans l'agglomération.

Les figures ci-après des densités de population par division administrative ont été élaborées selon deux modes : la surface totale de l'entité, et la surface réellement urbanisée (données de base des surfaces: Graizborg & Salazar, 1988, p.122 ; des populations : Negrete & Salazar, 1988, p.128).

La première illustration de la figure 16 qui rapporte, donc, la quantité de population à la surface totale de l'entité, sans tenir compte de l'espace réellement urbanisé, confirme grossièrement la disposition en cercles concentriques déjà observée dans la distribution des populations autour des délégations du nord<sup>1</sup>.

On remarquera que la délégation d'Ixtacalco et le municpe de Nezahualcóyotl, à l'est, se détachent par leur forte densité : 25.000 et 22.500 hab./km<sup>2</sup> respectivement, du Centre lui même : 18.900 hab./km<sup>2</sup>. Les quartiers nord, nord-est et sud ont des densités de population intermédiaires dont les valeurs s'étalent entre 5.000 et 11.000 hab./km<sup>2</sup>. Elles correspondent, en terme de distance au Centre, à Nezahualcóyotl évoqué ci-dessus.

Ils se prolongent au nord et au sud par des zones-tampons de densités moyennes, inférieures à 4.000 hab./km<sup>2</sup>, qui existent peu à l'est et pas du tout à l'ouest. Nous avons déjà évoqué les conditions naturelles qui limitent ou freinent l'expansion de la ville dans ces directions et qui expliquent en partie la dissymétrie entre l'est et l'ouest dans la distribution de la population. Un autre aspect de cette dissymétrie apparaît ici, et confirme le poids urbain important de la région orientale de l'agglomération.

---

<sup>1</sup> La densité des quatre délégations du Centre: B.Juarez (3), Cuauhtemoc ((6), M.Hidalgo (11) et V.Carranza (15) est calculée globalement, sous la division unique de la *ville centrale*.

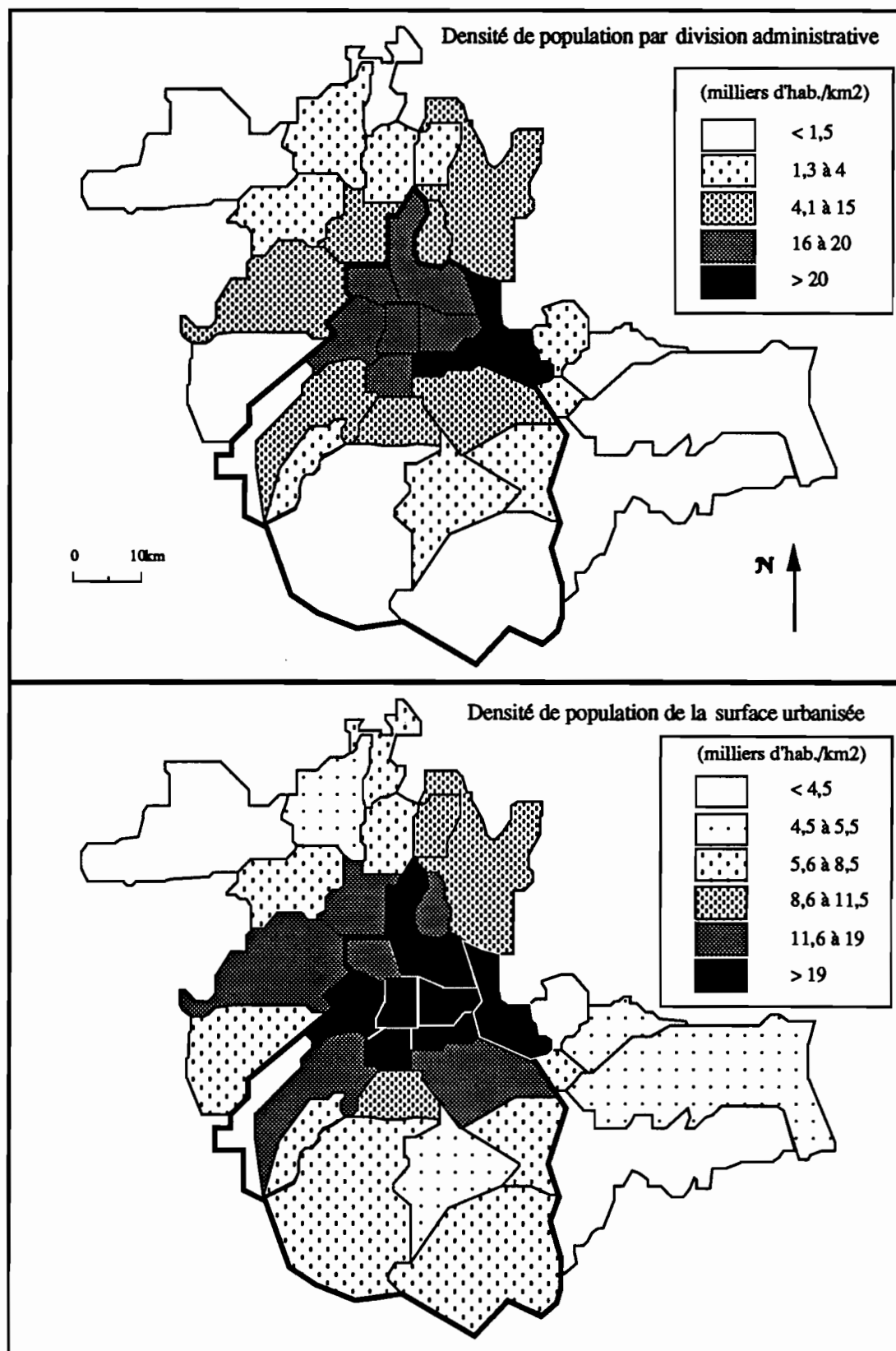


figure 16 : Densité de population par division administrative - 1980.

La carte des densités selon la surface urbanisée (figure 17 ci-dessous) rend possible une comparaison plus étroite entre les divisions administratives périphériques à l'agglomération, partiellement urbanisées, avec d'autres secteurs plus proches du centre. L'illustration localise les densités de population selon les secteurs réellement urbanisés dans chacune des divisions administratives<sup>1</sup>.

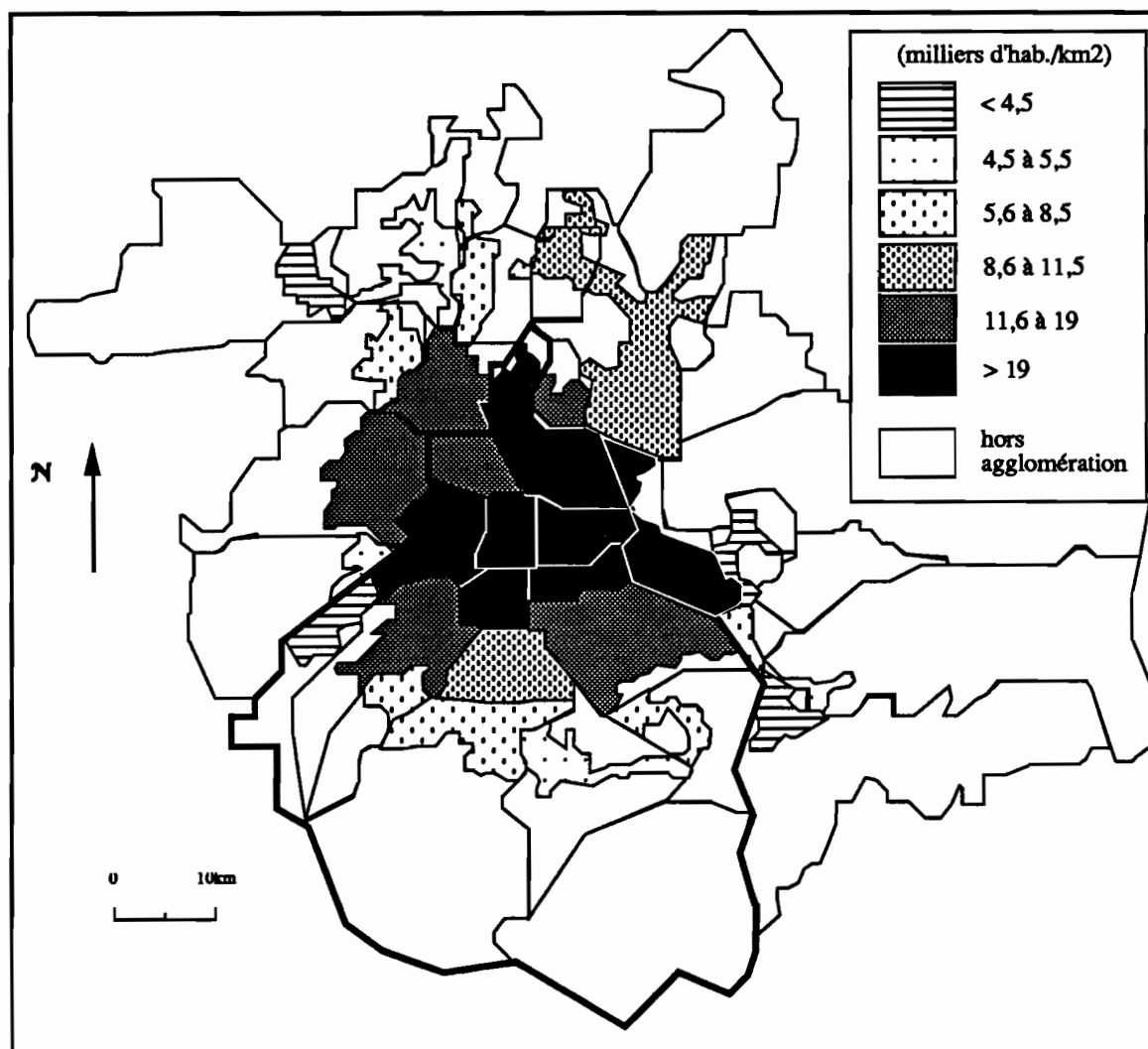


figure 17 : Densité de population et localisation des secteurs urbanisés<sup>2</sup>

La cartographie des densités, qui tient compte des contours de l'agglomération et de la localisation des zones urbanisées, montre une certaine relation entre la densité de population et

<sup>1</sup> Les chiffres de population concernant les divisions administratives des périphéries incluent les populations d'éventuels villages pourtant non encore physiquement conurbanisés: Chalco, Milpa Alta...

<sup>2</sup> Contours de l'agglomération: d'après l'*Atlas de México* (Garza, 1988 (3)).

la proportion de surface urbanisée des divisions administratives : les divisions les plus densément peuplées sont également celles qui sont totalement ou presque totalement urbanisées. Inversement, les périphéries les moins urbanisées correspondent à des secteurs de population moins dense.

La densité de Coyoacán constitue une exception : *seulement* 10.700 hab./km<sup>2</sup> avec une urbanisation qui couvre 100% de son territoire. Le tissu urbain est donc plus relâché que dans le centre également urbanisé à 100%, mais avec une densité de population presque égale au double, due aux constructions à étages et à la rareté des espaces de récréation.

### 3.3. Relations entre expansion démographique et expansion spatiale

Depuis le début du siècle, la croissance spatiale et démographique se déroule selon certains processus étudiés par de nombreux chercheurs, dont J. Delgado.

Celui-ci met en relation l'augmentation de la population et de la consommation d'espace à des fins urbaines, et montre l'existence de phases dans les processus d'urbanisation, quant à la manière dont l'occupation de l'espace se propage et se densifie.

Comme nous le montre la figure 18 ci-après (Delgado, 1988 (1), p.123), les croissances de la population et de la surface urbanisée pour l'ensemble de l'agglomération suivent des cycles qui se décomposent chacun en deux phases :

- 1ère phase, ou *phase d'expansion* : les périodes de lotification des terres ouvrent l'espace à l'urbanisation, permettent à celle-ci de s'étendre, et entraînent une baisse de la densité globale de population ;
- 2nde phase, *phase de densification* : peu à peu, la population prend possession de ces lots, puis occupe l'espace interstitiel resté à l'écart des lotifications officielles ; la densité de population, par conséquent, augmente.

Lorsque la demande de terre à construire se fait à nouveau pressante, d'autres terrains sont fractionnés, et un nouveau cycle commence. Dans un article ultérieur (Delgado, 1991), l'auteur

précise que ces cycles présentent une période d'une vingtaine d'années, et que la tendance générale est plutôt à une stabilisation de la densité moyenne à environ 120 hab./ha.(Delgado : graphique n°8, p.99)<sup>1</sup>.

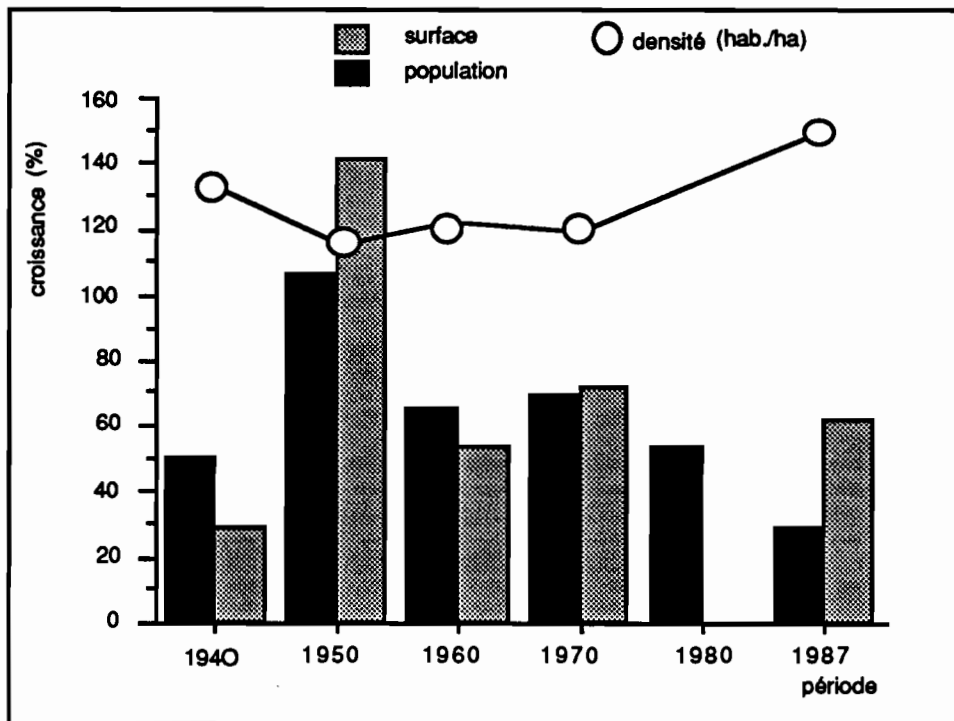


figure 18 : Cycles de croissance de la population, de la surface urbanisée et de la densité d'habitants - 1900-1986.

Malgré l'absence de données concernant la surface urbanisée en 1980, les courbes ci-dessus tendraient à montrer que les années 80 correspondent plutôt à une phase d'expansion spatiale, donc de moindre densité. Si les oscillations des croissances spatiale et démographique se confirment, les années 90, au contraire, devraient correspondre à la densification des terres dont l'urbanisation a commencé durant la décennie précédente.

L'auteur reprend le modèle des structures métropolitaines organisées concentriquement proposé par L. Unikel (Unikel, 1978, p.119), et interprète les contours en fonction des étapes qu'il a mises en évidence d'après les pourcentages de croissance.

<sup>1</sup> Les mesures étant effectuées tous les dix ans, on est conduit à raisonner décennalement, mais sans aucune preuve que ce laps de temps soit pertinent, c'est-à-dire que la fréquence des observations corresponde à la fréquence des phénomènes...

Les *anneaux* ou contours sont replacés dans l'espace et le temps à partir d'un noyau dit *ville centrale* (voir plus haut § 1.4.2). Celle-ci se spécialise dans les activités de commerce et de services, entre 1900 et 1930, période durant laquelle la surface urbanisée triple : 9 km<sup>2</sup> en 1930. Cette expansion spatiale entraîne la première conurbation avec des localités voisines : Tacuba, Azcapotzalco, Tacubaya, San Angel, La Villa et Ixtacalco, soit l'extension de son *pouvoir de conurbation* dans un rayon de 10 km <sup>1</sup>.

- *1er anneau* : 1930-1950. La conurbation en partie stimulée par l'industrialisation, s'étend aux délégations de G.A. Madero, A. Obregon, Coyoacán, Ixtacalco, Iztapalapa. Le triplement de sa population et de sa surface correspond à un rayon d'influence à 15 ou 20 kilomètres.
- *2ème anneau* : 1950-1970. L'expulsion de population du centre vers l'extérieur intensifie l'urbanisation à l'est de Nezahualcóyotl, et dans le sud, de Tlalpan, Xochimilco, M. Contreras, soutenue par la construction du périphérique. D'autre part, le développement industriel induit l'urbanisation du nord : Tlalnepantla, Ecatepec, Naucalpan. Le rayon du cercle d'influence tend vers 25 km.
- *3ème anneau* : 1970-1987. Cette période se signale par l'industrialisation d'Izcalli-Tultitlán et la conurbation de 12 municipes ; l'influence de l'agglomération opère maintenant dans un rayon de 30 km. Le mode de croissance par métropolisation prédomine maintenant sur celui de croissance-fourmi (voir § 2.2) dans le processus d'expansion de l'agglomération.
- *4ème anneau* : on a vu ci-dessus (§ 2) que ce contour correspond aux centres urbains qui se regroupent localement, et seront conurbanisés avec le reste de l'agglomération dans un avenir proche.

Chacun de ces contours s'établit sur une vingtaine d'années et suit les deux phases que nous avons présentées :

- une première phase d'une dizaine d'années (?) marquée par une croissance démographique supérieure à la croissance spatiale, donc par une densification de la population ;
- une seconde étape avec inversion des rapports des deux facteurs de la densité qui entraînent une diminution de celle-ci : croissance démographique inférieure à la croissance spatiale.

Dans une autre publication (Delgado, 1988 (2)), le même auteur analyse le processus d'urbanisation induit par la création de grands axes de communication. Nous avons vu

---

<sup>1</sup> Ce rayon n'indique pas le domaine urbanisé, sinon l'aire d'influence sur laquelle le Centre peut agir par capture de localités en les conurbanisant.

ci-dessus que l'avenue Insurgentes et, un peu plus tard, la calzada de Tlalpan, ont favorisé l'urbanisation au long de leur tracé à partir du noyau central. J. Delgado analyse d'autres cas d'urbanisation radiale à partir de l'agglomération, qui borde les *axes structurants* (*eje estructurador*, Delgado, 1988 (2), p.197) : les routes de Querétaro et de Pachuca<sup>1</sup> vers le nord, à l'est, celle de Puebla dont nous reparlerons plus loin, puisqu'elle a favorisé le développement urbain de Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, La Paz, Ixtapaluca et Chalco...

L'auteur mentionne le cas particulier du boulevard périphérique qui a permis le développement d'une urbanisation annulaire dans le sud de l'agglomération.



Au cours de cette partie consacrée au développement contemporain de l'agglomération, nous avons remarqué que certaines périphéries, notamment les secteurs de l'est (Chimalhuacán) et du sud-est (Chalco), se montraient particulièrement dynamiques, avec le triplement de leur population en moins de dix ans (voir chapitre 5). Nous avons également évoqué les différences d'ordre social et par conséquent les contrastes urbains, qui divisent l'agglomération : riches quartiers du sud-ouest, ouvriers au nord, populaires à l'est... Les types d'occupation du sol, les réseaux de communication... structurent également l'espace urbanisé, comme nous allons le voir dans le chapitre suivant.

Nous verrons plus loin que certains de ces caractères se retrouvent sur l'image (2ème et 4ème parties) ; il est donc utile d'avancer dans leur connaissance, avant d'étudier plus en détail les quartiers eux-mêmes.

---

<sup>1</sup> Selon l'auteur, cet axe est sur le point de porter l'urbanisation jusqu'à Tizahyuca dans l'Etat d'Hidalgo.



# Chapitre 3

## Structures générales de l'agglomération de Mexico

---

Le travail de télédétection inclut une caractérisation des secteurs urbains étudiés, en termes d'occupation du sol, dans ses grands types, ainsi qu'une estimation des possibilités offertes par les images SPOT de mettre en évidence la structuration de l'espace urbain par les réseaux de voirie. Au cours de ce chapitre, nous présenterons donc quelques grands éléments qui composent et structurent cet espace : l'occupation du sol et les réseaux de communication. Dans certains cas, nous tenterons également d'apporter quelques précisions sur les conditions de vie des habitants, afin de mettre en évidence les relations entre ces structures urbaines et les populations.

Après avoir reconnu et localisé ces caractères, il nous sera possible, dans les parties 2 et 4 de notre recherche, de les associer à ceux observables par télédétection, afin de donner aux images une signification géographique, et de préciser les conditions des relations entre ces deux types d'information.

### 1. Occupation du sol

Nous ne distinguerons ici que les principaux éléments du tissu urbain :

- les zones résidentielles qui, au milieu des années 80, occupent respectivement 49,1% et 58,1% de la surface urbanisée dans le District Fédéral et l'Etat de Mexico ;

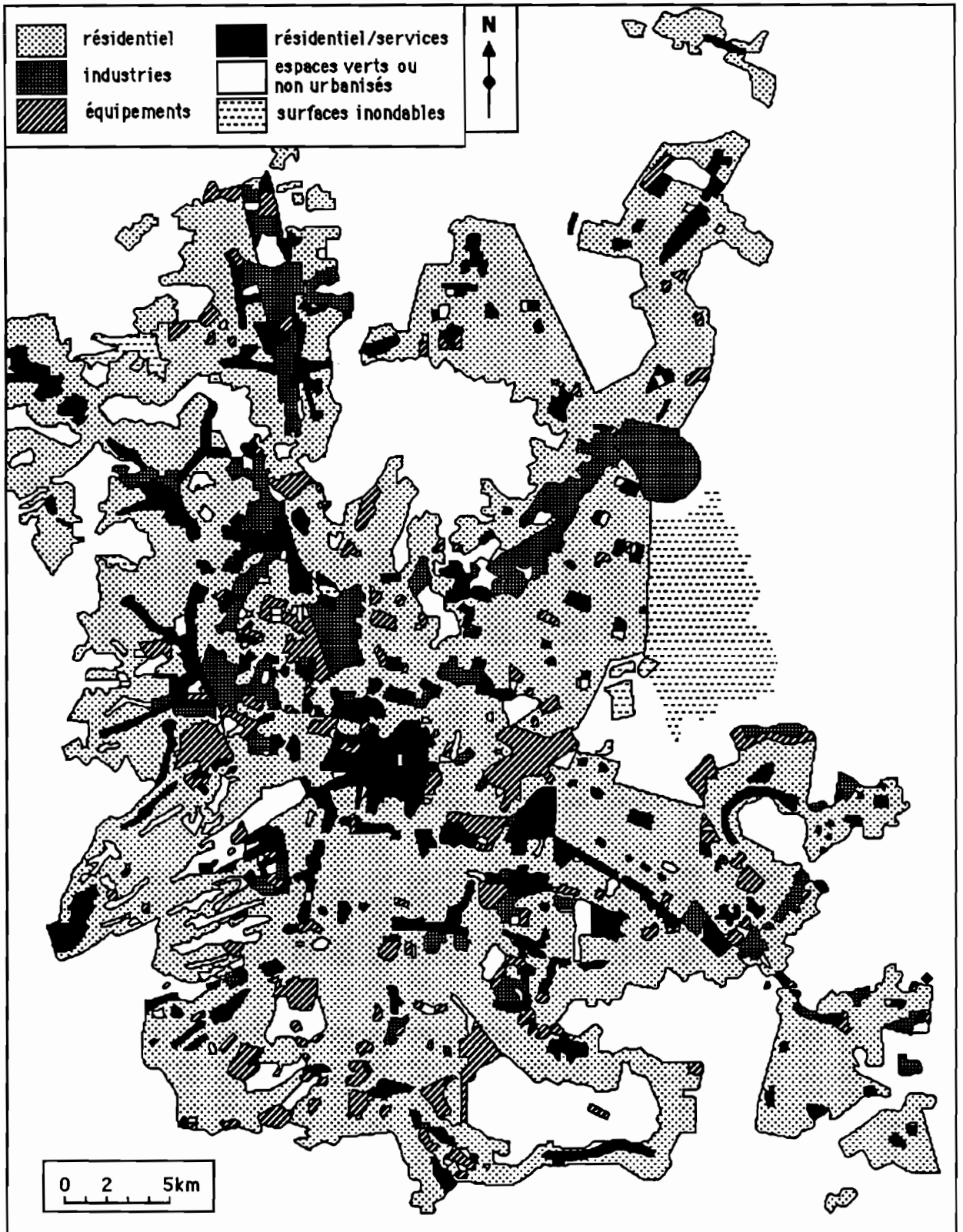


figure 19 : Occupation du sol de l'ensemble de l'agglomération  
(d'après García Pérez, 1988, p. 237-240).

- les zones industrielles : 5,3 et 9,4% ;

- les espaces verts : 8,9 et 18,1%...

... les surfaces restantes (37 et 15%) étant partagées entre les services et les équipements dont la voirie.

La carte d'occupation du sol pour l'ensemble de l'agglomération ci-dessus, figure 19, montre la dispersion et la localisation de ces zones.

### 1.1. Les zones résidentielles

Les études urbaines tentent souvent de mesurer le *degré de consolidation* d'un quartier, c'est-à-dire son niveau d'urbanisation et d'intégration à l'agglomération. Ce type d'indicateurs propose en effet de caractériser le degré de développement des services et des équipements d'un quartier. En ce qui nous concerne, ce dernier point nous intéresse plus particulièrement, par l'information qu'il peut apporter sur la nature du bâti.

Ainsi, dans leur article *Structure urbaine et différenciation socio-spatiale...* R. M. Ruvalcaba et M. Schteingart (Ruvalcaba & Schteingart, 1988) démontrent l'existence d'une relation entre les caractères socio-économiques de la population et la localisation de celle-ci au sein de l'agglomération de Mexico. Une information sur le niveau socio-économique des populations paraît intéressante si l'on considère qu'il détermine certains caractères de l'urbanisation : surface des lots<sup>1</sup>, taille, nature... du bâti, nature des matériaux de construction, existence de jardins... caractères que l'on détecte en partie sur les images.

En outre, l'article de R. M. Ruvalcaba et M. Schteingart *spatialise* ces caractères socio-économiques, ce qui permettra l'interprétation de l'image et la compréhension des processus de croissance urbaine.

Les auteurs appliquent une analyse factorielle<sup>2</sup> à des données issues des recensements

---

<sup>1</sup> Ce caractère intervenant dans la densité de construction.

<sup>2</sup> Les deux facteurs les plus importants, *consolidation urbaine* et *développement socio-économique*, expliquent 71% de la variance.

décennaux de 1950 à 1980 dont elles extraient des variables concernant la population active, les revenus, le niveau de scolarité... ainsi que des variables décrivant les conditions de l'habitat : nombre de personnes par pièce, logements avec eau courante, part de la population urbaine...

Ces derniers critères permettent en effet l'élaboration d'un *indice de niveau de consolidation* urbaine, phénomène qui apparaît, à l'analyse, comme essentiel dans la mise en évidence de différenciations spatiales sur des critères socio-économiques<sup>1</sup>. La consolidation en effet s'opère avec le temps, au fur et à mesure que l'urbanisation progresse : alors que la périphérie de plus en plus lointaine du Centre s'urbanise, les quartiers construits plus tôt se consolident et accèdent petit à petit au plein statut de quartier urbanisé.

Quant aux quartiers anciennement urbanisés, il est également intéressant de suivre l'évolution socio-économique de leurs occupants, et les éventuels changements qui interviennent dans le type d'urbanisation. En effet, nous avons vu précédemment (§ 2.1 du chapitre 2) que la croissance de l'agglomération est en partie générée par les expulsions successives vers la périphérie des habitants dont le niveau socio-économique ne suivait pas le développement de leur quartier.

La méthode est développée sur des données décrivant des divisions administratives : délégations du District Fédéral et municipalités de l'Etat de Mexico, sur lesquelles les comportements humains, en particulier spontanés, se calquent peu. Ceci a pour conséquence, d'une part, de diviser des ensembles cohérents sur le terrain et, d'autre part, au contraire, de lisser ou d'occulter de fortes disparités locales, et d'obtenir une partition de l'espace assez grossière (voir cartes ci-après). Toutefois, les auteurs estiment l'échelle valable pour mettre en évidence les grandes lignes des structures qu'ils recherchent.

Les résultats, d'abord calculés de 1950 à 1970, et confirmés pour 1980, montrent une répartition des niveaux de consolidation grossièrement concentrique, c'est-à-dire fonction de la distance au centre et, par conséquent, du temps.

---

<sup>1</sup> ...du moins dans la période étudiée...

Les auteurs montrent donc l'un des aspects de la relation qui existe entre l'expansion urbaine, qui intègre à la fois le temps et la localisation, et certains caractères du paysage qui signent les mouvements, la cinétique, de cette expansion.

L'article en question développe également la relation qui existe entre le niveau socio-économique des occupants et la localisation du quartier. La répartition spatiale se fait ici par secteurs selon un axe nord-sud qui oppose surtout l'ouest à l'est, et dont les causes sont dues essentiellement aux conditions naturelles. Les terres à l'est de l'agglomération (Texcoco, Chalco) qui correspondent, comme nous l'avons vu, à celles abandonnées tardivement par les lacs, sont en effet les moins attrayantes et donc occupées par les moins favorisés.

Les niveaux de consolidation par entité administrative montrent une organisation spatiale plutôt concentrique en 1970, le niveau baissant du Centre vers les périphéries :

- haut et moyen-haut au centre, notamment les quatre délégations de la *ciudad central*, les plus anciennement peuplées ;
- un premier contour de niveau moyen qui comprend les délégations et municipales du nord dont l'intensité de l'urbanisation est liée à l'industrialisation ; au sud, les délégations anciennes d'Ixtacalco et Iztapalapa, et celles plus récentes mais plus riches ou mieux équipées de Tlalpan et A.Obregon ; on remarquera le niveau élevé de Coyoacán ;
- un second contour *bas* et *moyen-bas*, surtout représenté dans le demi-cercle nord-ouest/sud-est, avec les municipales de l'Etat de Mexico urbanisés dans les années 50 et qui, 20 ans plus tard, de par la faiblesse des ressources des habitants, se trouve encore à un niveau de consolidation peu affirmé ;
- enfin, deux pôles à niveau très bas qui s'ouvrent à peine à l'urbanisation : Chimalhuacán et Huixquilucan.

Quant au facteur plus spécialement socio-économique, aspect qui n'entre pas directement dans notre problématique mais qu'il est intéressant d'évoquer car lié à celle-ci, il divise l'espace en secteurs qui opposent un *croissant riche* de niveau socio-économique haut à moyen, d'Atizapan à Tlalpan en passant par le Centre, dans un environnement de niveau bas et très bas (sud-ouest, est, nord-est, nord).

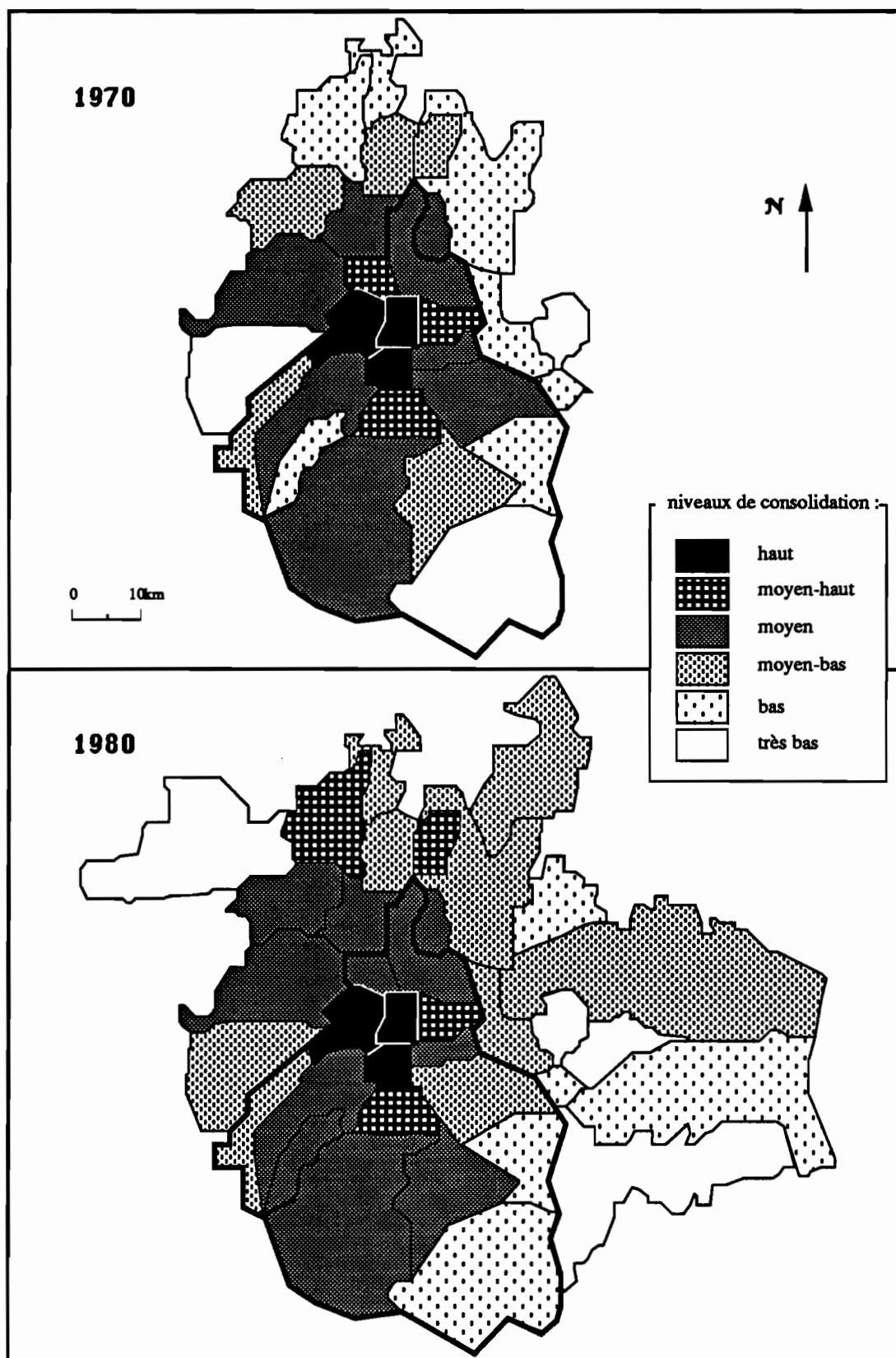


figure 20 : Structures socio-spatiales de l'agglomération de Mexico, évolution entre 1970 et 1980 (d'après Ruvalcaba & Scheingart, 1988)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> La méthode de classification des niveaux de consolidation et socio-économiques n'est pas précisée dans l'article.

L'analyse appliquée aux données de 1980 montre que l'organisation du niveau de consolidation en cercles concentriques est moins nette. L'espace se fragmente plutôt en secteurs dont la disposition générale rejoint la répartition spatiale des niveaux socio-économiques. La consolidation de la partie ouest de la ville est plus avancée que sa partie orientale, tandis que, au nord, on remarque deux pôles assez consolidés bien qu'éloignés du Centre et d'urbanisation récente. C'est le résultat d'une politique de l'Etat de Mexico en faveur du développement urbain de ces municipes : logements et équipement.

Par comparaison des deux dates, on constate que l'ensemble des périphéries peu consolidées en 1970, a renforcé son niveau, malgré l'augmentation de la population qui a parfois plus que doublé en 1980. Certains indicateurs simples, par exemple le pourcentage de logements avec eau courante, indicateur significatif de l'équipement des foyers, montre une nette amélioration dans tous les cas.

En ce qui concerne la partition de l'espace selon les critères socio-économiques, des améliorations sont enregistrées à l'ouest et au nord-ouest, de telle sorte que la différenciation socio-spatiale se creuse davantage entre l'est et l'ouest. Cette différenciation est accentuée par l'extension récente de l'urbanisation populaire vers l'est face aux quartiers de l'ouest plus anciens.

L'implantation et la consolidation des quartiers résidentiels nous amènent à préciser davantage les caractéristiques des constructions et de leur répartition dans l'agglomération.

### **1.1.1. Structure des quartiers résidentiels<sup>1</sup>**

Nous évoquerons rapidement la croissance du nombre de logements et sa localisation, qui sont bien évidemment en relation directe avec la croissance de la population et avec l'expansion de la surface urbanisée étudiées ci-dessus. Nous envisagerons ensuite la qualité des logements, afin

---

<sup>1</sup> On n'inclura dans les termes *résidence* et *résidentiel*, aucune connotation de standing, en particulier celle de niveau élevé qu'ils comprennent parfois. Un *quartier résidentiel* est donc un quartier où prédominent les constructions à vocation de logement sans précision de valeur, de qualité ou de morphologie.

de préciser le type d'occupation du sol dans la zone étudiée : cela nous permettra en effet de discriminer les quartiers résidentiels précaires qui correspondent à de fortes croissances urbaines.

Le nombre des logements tente de suivre la croissance démographique de Mexico : en 1950, on comptait dans l'agglomération 658.000 logements, en 1970 : 1,53 million, et 2,94 millions en 1985, qui se caractérisent par une forte proportion de logements populaires construits, sous forme précaire, en *vecindades\** et dans les *ciudades perdidas\** (Garcia Peralta, 1988), le nombre de ces dernières pouvant être estimé à 500 (Garza, 1988 (2)).

Les courbes ci-après montrent la relation entre quantité de population et nombre de logements.

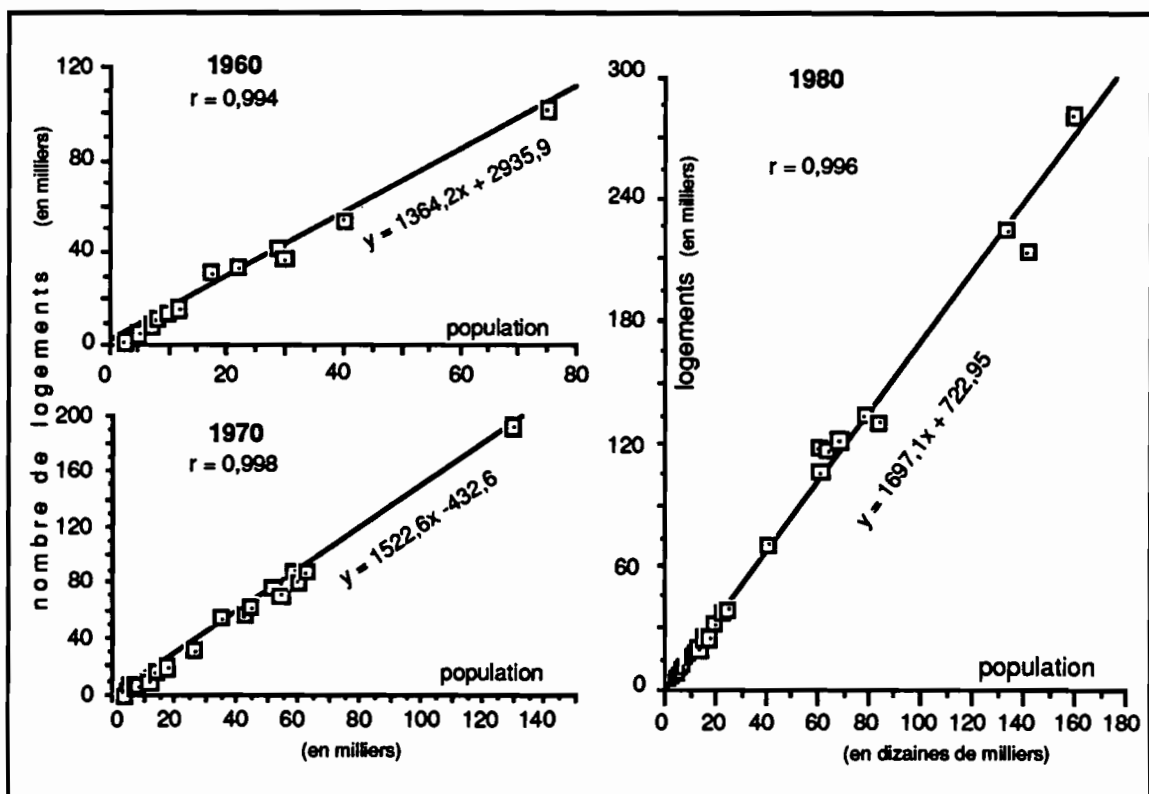


figure 21 : Relation nombre d'habitants/nombre de logements par division administrative - 1960-1980.

(sources: population : Negrete & Sánchez, 1988, tableau 4.10 ; logements : García Peralta, 1988, tableau 6.18)

On observe une augmentation de la pente des droites entre 1960 et 1980 (0,136, 0,152 et 0,170). Cela signifie que le nombre de logements a tendance à augmenter par rapport à la



population, ce qui peut se traduire par une baisse du taux d'occupation des logements. Une telle tendance est assez peu nette de 1960 à 1970, où le nombre de personnes par logement est de 6 à 7 ; elle est en revanche plus perceptible en 1980, où ce taux oscille entre 5 et 6 personnes par logement, les valeurs étant plus fortes dans les municipes périphériques.

Depuis les années 40, le taux de croissance moyen annuel ne cesse d'augmenter : 4%, 4,5% et 5,1%. Comme l'avait laissé prévoir l'étude de la croissance de la population et de la surface urbanisée, le nombre de logements augmente surtout dans les délégations et les municipes périphériques : 0,4% de taux de croissance annuelle dans le Centre, et 5,8% dans les délégations périphériques, ce qui reste inférieur au taux de croissance que connaissent les municipes de l'Etat de Mexico : 10,3% pour la même période.

La carte d'occupation du sol ci-dessus (figure 19) montre qu'une grande partie de la surface de l'agglomération est occupée par des constructions d'habitation. En effet, comme nous l'avons déjà fait remarquer, la forme de logement la plus répandue ici reste l'habitat individuel, plutôt que collectif, ce qui entraîne un développement horizontal et l'affectation à l'habitat d'une part importante de la surface du sol.

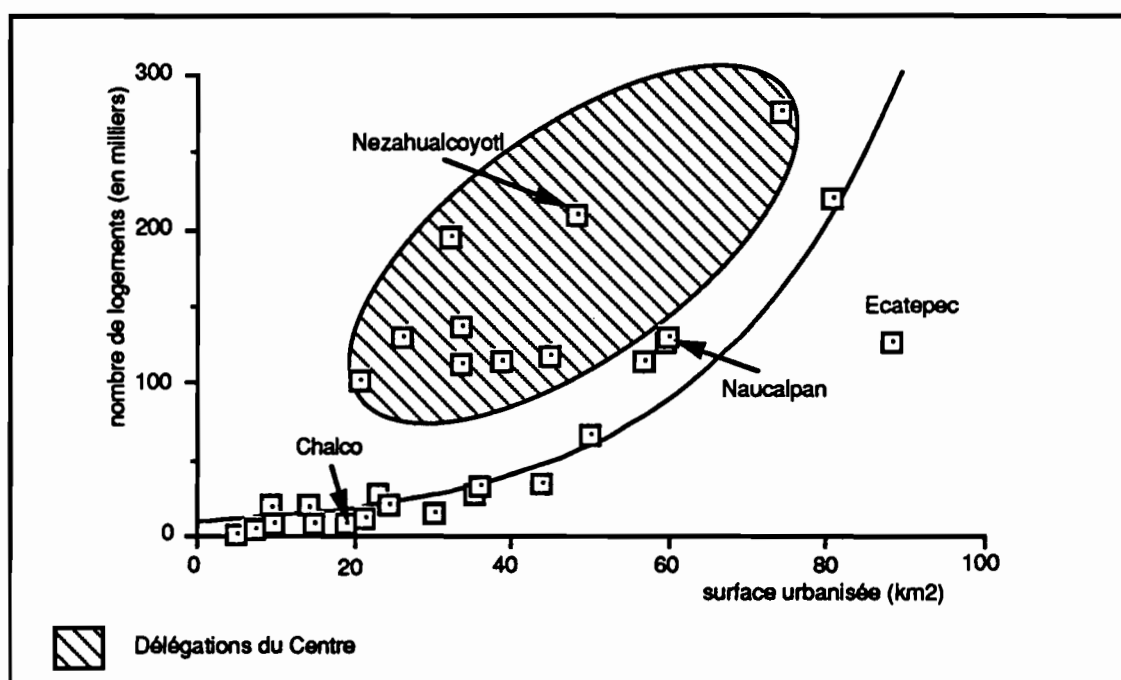


figure 22 : Nombre de logements selon la surface urbanisée par division administrative - 1980.

sources: surfaces : Graizborg & Sánchez, 1988, tableau 4.3 ;  
logements : García Peralta, 1988, tableau 6.18.

La courbe ci-dessus montre la relation qui existe entre la surface urbanisée et le nombre de logements par division administrative. L'ensemble de la distribution suit une relation linéaire, à l'exception d'un groupe de délégations qui se signale par un nombre plus important de logements, le double ou le triple, pour des surfaces urbanisées comparables à celles de la séquence principale. Ce groupe correspond aux délégations du Centre, anciennement urbanisées, où prédominent les immeubles d'habitation par rapport aux logements individuels, et différenciées des délégations et des municipales de la périphérie au tissu moins dense.

On remarque également sur le nuage de points, que le groupe des fortes densités d'habitation est plus dispersé que celui de la périphérie où chaque habitat, donc maison individuelle, correspond à une surface au sol relativement constante par rapport à des immeubles de hauteur très variable.

On observe enfin deux cas particuliers :

- Nezahualcóyotl, situé dans le groupe des fortes densités de logements, qui est pourtant un municipale de la périphérie assez récent, typiquement urbanisé à l'horizontale. Cette singularité peut s'expliquer par une forme d'urbanisation dite de *logement plurifamilial*, où un même lot est construit de plusieurs logements individuels, atteignant un taux d'occupation du sol proche de 100%. Ainsi, sans investissements coûteux d'un développement vertical de la construction, le sol est ici rentabilisé autant que dans le Centre<sup>1</sup>, caractérisé par la plus forte densité de l'agglomération : 22.500 hab./km<sup>2</sup>.

- à l'inverse Ecatepec, constitué de la plus vaste surface urbanisée de l'agglomération (89 km<sup>2</sup>), propose un nombre de logements équivalent à celui de Naucalpan et Tlalnepantla de seulement 60 km<sup>2</sup> de surface urbaine. Ce décalage est dû à la faible densité de logements et à l'importance des installations industrielles au nord-est de Mexico (12% du sol urbanisé).

---

<sup>1</sup> On a vu par ailleurs le déficit migratoire des délégations du Centre, dont les taudis sont peu à peu réhabilités, ou remplacés par des immeubles de services.

### 1.1.2. Qualité des logements

B. Garcia Peralta classe la qualité des logements en quatre catégories, selon des indicateurs concernant l'évacuation des eaux usées, l'eau courante, le nombre de pièces et le matériau des murs. L'auteur note une amélioration de la qualité depuis 1960, avec des points communs à l'analyse de la consolidation urbaine.

Il est en effet confirmé que, malgré leur proximité de Mexico, les entités administratives non encore conurbanisées se caractérisent par un niveau de développement urbain proche des communes rurales. Cependant, l'ensemble des indicateurs d'urbanisation prennent "lentement et uniformément" des valeurs plus fortes, lorsque l'agglomération intègre leur territoire.

La qualité des logements répartit les entités administratives selon quatre niveaux. Leur répartition spatiale désigne les quatre délégations du centre et Coacalco, au nord, comme offrant une certaine qualité de logement.

Les plus précaires (niveaux 3 et 4) se trouvent au sud-est, à l'est et au nord-ouest.

L'Annuaire statistique de l'INEGI (INEGI, 1985) nous donne davantage de détails sur les matériaux utilisés pour la construction des habitations, en particulier ceux des toits, seule partie des constructions visible par satellite. Par ailleurs, la qualité du toit est un bon indicateur de la qualité de l'ensemble de la construction : c'est l'élément de la construction qui se pose et se consolide en dernier ; en effet, une maison couverte d'une dalle de béton est obligatoirement construite en dur, ce qui n'est pas nécessaire pour une tôle de fibro-ciment. Le toit en dur apparaît donc comme un *indicateur de finition* de la construction qui permet de classer définitivement et sans ambiguïté le bâti.

L'examen, figure 23, de la répartition des matériaux des murs en fonction de ceux des toits, comme le permettent les données du recensement, confirme une certaine uniformité dans la *durabilité* des matériaux utilisés pour les murs et le toit<sup>1</sup> :

---

<sup>1</sup> Il existe également un type de construction qui combine le mur en briques de terre sèche (*adobe*) et le toit en dalle de béton. Mais dans l'écrasante majorité des cas (200 à 300 fois), la dalle de béton est associée aux murs de parpaings ou de briques cuites.

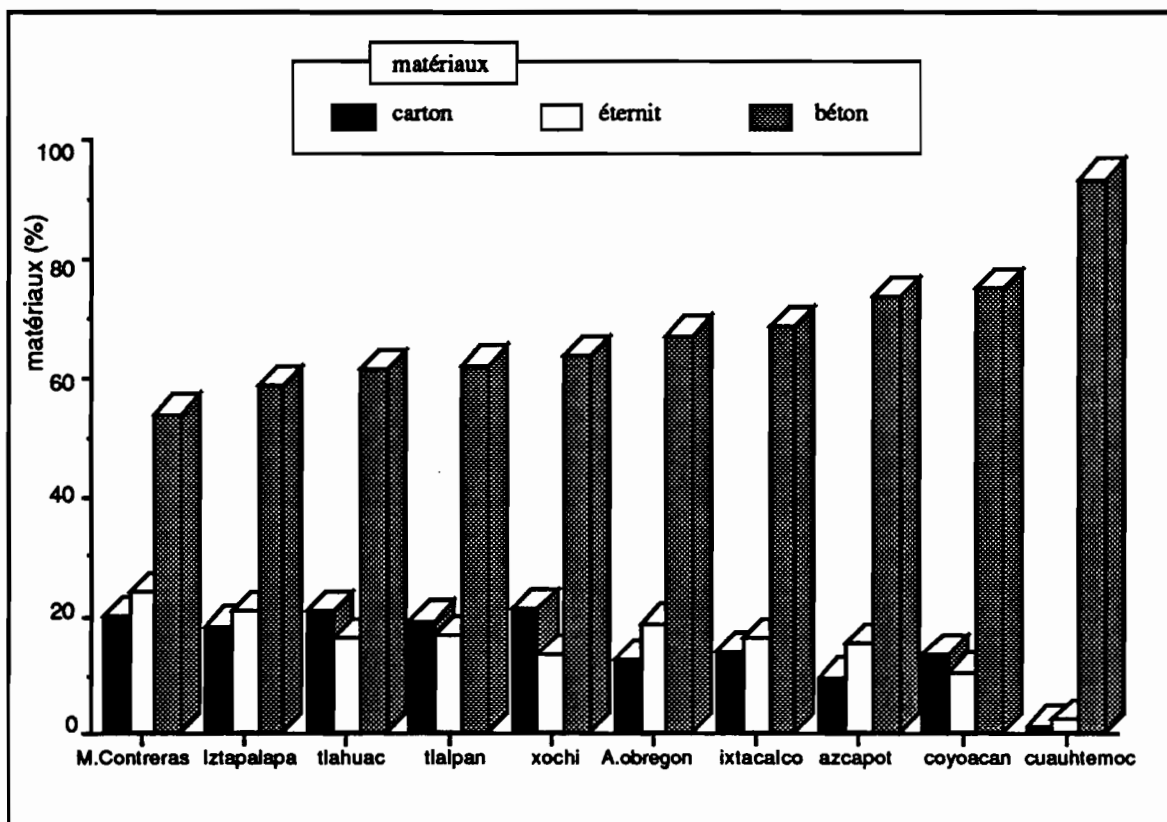


figure 23 : Proportions d'utilisation des trois principaux matériaux de toiture - D.F.-1984.

(source : INEGI, 1985, tableau 2.1.8)

Dans l'ensemble du District Fédéral, les toits constitués de dalles de béton, couvertes ou non de briques plates, sont les plus répandus : 50 à 90% des toits. Le carton et la tôle<sup>1</sup> se disputent la seconde place avec des quantités bien moindres : 10 à 25%. Enfin, le bois et la tuile ne sont utilisés que très ponctuellement dans une proportion inférieure à 1%.

En fonction des éléments présentés, on comprend que la répartition des matériaux de construction, en particulier ceux des toits, n'est pas sans signification. L'histogramme ci-dessus montre, en effet, que les délégations à fortes proportions de toits en dur, correspondent à celles du Centre, c'est-à-dire aux quartiers les plus anciens et les plus consolidés (à droite sur l'histogramme).

<sup>1</sup> Le recensement ne fait pas de distinction sur le type de tôle: métallique ou fibro-ciment. Toutefois, cette dernière meilleur marché a supplanté la tôle métallique pour les constructions récentes; ainsi, seules le petit bâti ancien: préau, cabane utilitaires, abri d'animaux... qui ne sont pas concernés par l'amélioration de l'habitat conserve sporadiquement ce type de toiture qui tend à disparaître.

Au sud et sud-est du District Fédéral, plus d'un tiers des toits sont construits en matériaux légers (carton et tôle ondulée). Ces proportions indiquent la présence de secteurs encore en situation de précarité dans le D.F., en particulier lorsque la proportion de carton est plus forte que celle de la tôle. De tels cas se présentent dans les délégations de Tláhuac, de Tlalpan, de Xochimilco, situées au sud et en cours d'urbanisation en 1980.

Les autres unités sont des délégations dont l'urbanisation est déjà plus ancienne. Les délégations de M. Contreras et Iztapalapa présentent une proportion relativement faible (moins de 60%) de toits en dur, mais utilisent néanmoins une proportion légèrement plus forte de tôle ondulée que de carton, alors que dans les entités du sud énumérées ci-dessus, domine le carton avec une plus forte proportion de dalles de béton.

## 1.2. Les zones industrielles

L'industrie, qui regroupe 33.200 établissements en 1970, est essentiellement tournée vers les activités de transformation, les plus importantes étant celles des industries chimiques, alimentaires, celles du textile, du fer et de l'acier... en termes de production et de main d'oeuvre, avec 1,2 million d'actifs<sup>1</sup>.

Ces industries se localisent surtout au nord de l'agglomération, dans les délégations d'Azcapotzalco et de G.A.Madero, et les municipes d'Ecatepec et de Tlalnepantla, ainsi qu'à Tlalpan, Tultitlán et Cuautitlán, au regard de leur production totale brute. On signalera également une présence industrielle assez développée à Coyoacán, dans le sud et Iztapalapa au sud-est .

Nous avons vu que les incitations à l'urbanisation et à l'industrialisation des municipes de l'Etat de Mexico avaient amené un développement des industries hors du District Fédéral.

Cela se traduit par une baisse de la part de la production industrielle du District Fédéral dans la production de l'agglomération de 1960 à 1980, passant de 82% à 61%, avec une diminution du nombre des établissements après 1975 (29.650 à 28.640 en 1980), mais aussi par une

---

<sup>1</sup> construction : 230.000 actifs, énergie : 60.000 pour la même période.

augmentation du nombre des emplois : 492.000 à 637.000 (*ibid.* p.104 et 105). Les délégations du Centre restructurent leurs activités désormais tournées vers les activités plus propres du secteur tertiaire : les services et les commerces. Jusqu'en 1970, ce recul se fait en faveur d'Azcapotzalco, puis de Tlalnepantla, enfin de Naucalpan et Ecatepec de 1970 à 1975.

tableau 4 : Industries de transformation par division administrative dont le nombre d'établissements est supérieur à 900 en 1980.

	n o m b r e		capital	production
	d'établiss.	d'employés	(en millions de pesos)	
Azcapotzalco	2.048	106.418	44.768	117.496
V.Carranza	2.472	28.863	6.070	17.996
Coyoacán	978	31.864	10.448	24.323
Cuauhtémoc	7.352	121.390	34.433	67.019
M.Hidalgo	2.078	70.543	28.920	82.321
Iztacalco	1.916	45.506	11.636	26.783
Iztapalapa	2.810	57.627	13.638	38.716
B.Juárez	2.729	50.870	12.991	28.790
G.A.Madero	3.612	73.119	18.615	52.319
A.Obregón	1.131	22.636	7.900	18.047
Ecatepec	1.580	78.605	28.471	55.737
Naucalpan	2.323	136.662	37.904	72.234
Nezahualcóyotl	2.256	6.317	319	1.606
Tlalnepantla	1.983	129.430	56.973	99.461

(source : Garza, 1988 (1), p. 107, tableau 3.16)

Au fur et à mesure que l'espace se comble, le développement industriel se porte sur des localités plus éloignées du Centre, vers le nord : Cuautitlán, Cuautitlán-Izcalli, Tultitlán... en 1980. Cette décentralisation touche surtout l'industrie lourde, alors que se maintiennent les petites et moyennes entreprises.

Quant à la localisation des principaux quartiers industriels de l'agglomération, la figure 27 ci-après montre que les délégations d'Azcapotzalco, de M. Hidalgo, de Cuauhtémoc et A. Madero regroupent les deux tiers de la production industrielle du District Fédéral. Dans l'Etat de Mexico, Tlalnepantla, Naucalpan, Ecatepec assurent 25% de la production.

Dans le sud de l'agglomération, les délégations d'Iztapalapa, d'A.Obregon et de Coyoacán, maintiennent leur part dans l'activité de Mexico (2 à 5%). On notera également l'apparition de Tecamac, Coacalco, Chalco et Ixtapaluca dans le système de production industrielle, les entreprises de ces deux derniers municipales s'établissant le long de l'autoroute de Puebla.

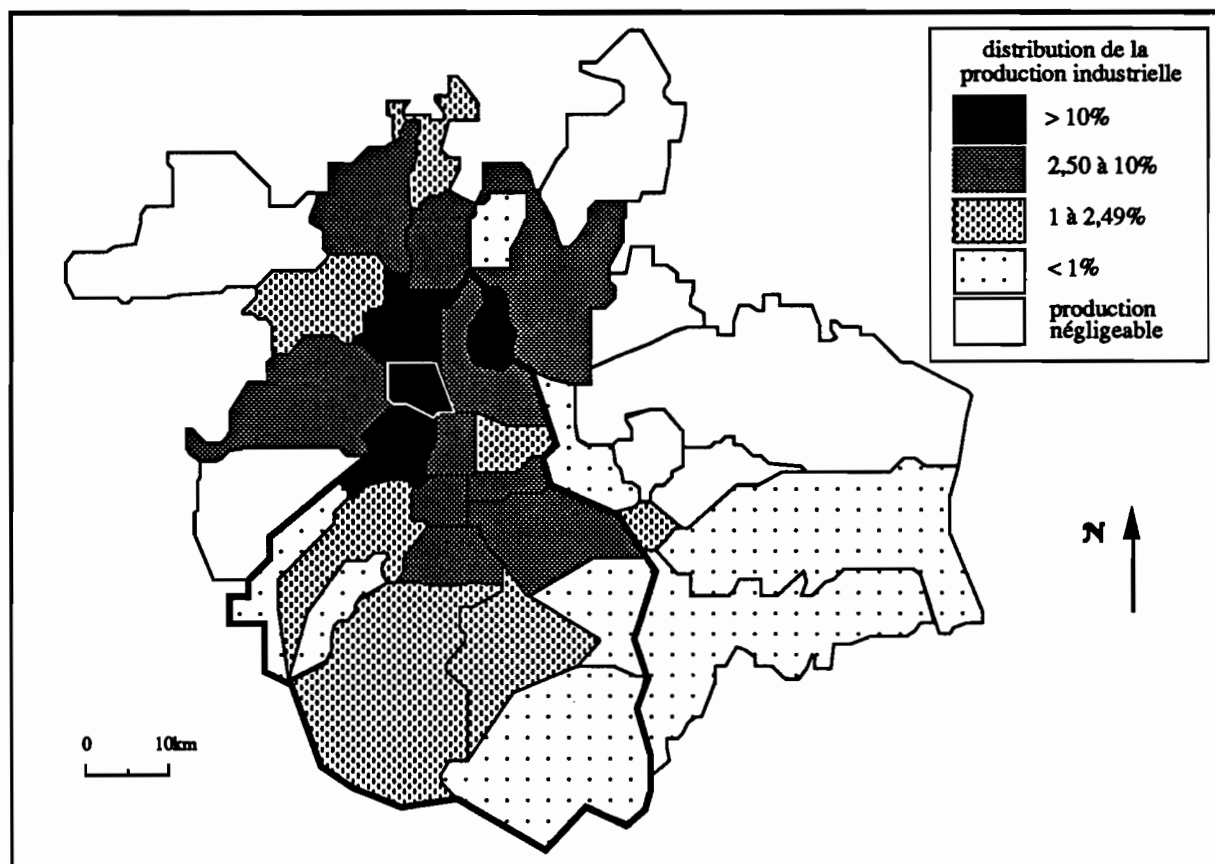


figure 24 : Production industrielle par entité administrative (% de la production de l'agglomération) - 1980.

### 1.3. Environnement et espaces verts

La concentration des hommes et des constructions a entraîné la dégradation de la qualité de la vie dans les grandes cités. A cela, s'est ajoutée la multiplication des industries et des moteurs qui a aggravé les nuisances, notamment celles du bruit et de la pollution de l'air. Ces nuisances ne touchent pas tous les quartiers de manière égale, mais selon leur situation par rapport à la source de nuisance. Nous énumérons ci-après quelques-unes d'entre elles, dans la mesure où elles caractérisent les conditions de vie des habitants et créent des besoins en matière de qualité de la vie.

Les conditions géographiques favorisent la *contaminación* de l'air, de l'eau et des sols :

- topographiques : les chaînes de montagnes enferment Mexico dans un bassin, et la platitude de celui-ci ralentit l'évacuation des eaux ;

- pédologiques : les sols salins, résultats des dépôts des anciens lacs, empêchent le développement de la végétation et génèrent une importante poussière ; les populations les plus exposées sont donc celles situées à proximité de lac Texcoco, en particulier au sud de celui-ci (Chimalhuacán, Nezahualcóyotl) ;
- climatologiques : les vents dominants soufflent, à faible vitesse, du nord-ouest et refoulent les émanations des quartiers industriels septentrionaux de la ville vers le sud plus résidentiel où ils sont stoppés par la sierra. Par ailleurs, les mois de sécheresse du cycle saisonnier laissent dénudés 22.000 ha à l'est du bassin, d'où les vents emportent 310.000 tonnes de poussière ; enfin, la fameuse *couche d'inversion* de la température atmosphérique maintient les gaz de l'agglomération prisonniers dans le bassin 200 jours par an ;
- hydrologiques : par sa proximité, la nappe phréatique maintient les sols lacustres dans l'humidité et l'instabilité, tandis que la présence temporaire ou permanente de lagunes rend insalubres de vastes superficies ; l'ensemble des habitants des quartiers populaires construits sommairement sur des terrains plats, est soumis aux inondations ou à la boue de la saison des pluies (Chalco).

Les rejets proviennent de 32.000 établissements industriels<sup>1</sup> et de 2,5 millions de véhicules immobilisés dans les encombrements, mais aussi de plus de 500 bidons-villes privés des équipements et des services de base, notamment de sanitaires, d'évacuation des eaux usées et du ramassage des ordures<sup>2</sup> (Riva Palacio, 1988)...

Ces conditions ont de graves incidences sur la santé des habitants, notamment celle des enfants. En effet, nous avons vu ci-dessus que les quartiers populaires à forte activité industrielle, se signalent par un taux de mortalité nettement supérieur à l'ensemble de l'agglomération. Nous verrons également de telles incidences à Chalco (chapitre 5).

Ces éléments expliquent l'importance des espaces verts dans les agglomérations, trop souvent et trop longtemps sacrifiés à la rentabilisation du sol urbain. De tels espaces, publics ou privés,

<sup>1</sup> Parmi les plus polluants : chimie, papeterie, métallurgie, textile...

<sup>2</sup> Ce dernier service, lorsqu'il est assuré, ne résout cependant pas la question de l'élimination des 14.000 tonnes d'ordures journalières. Celles-ci sont déposées en nombreux endroits de l'agglomération, entre autres, au Nord de Nezahualcóyotl, dans la délégation de A.Obregon: à Santa Fe, dans la délégation d'Iztapalapa: à Santa Cruz Meyehualco... formant de gigantesques *basureros* (Santa Fe: 12ha) de plusieurs mètres d'épaisseur. A proximité de ces dépôts se sont développés des quartiers de *pepenadores*\*.



constituent donc un élément important du paysage, ce qui justifie leur contribution à l'élaboration d'une typologie des quartiers.

La moyenne des espaces verts par habitant à Mexico varie entre 2,3 m<sup>2</sup>, si l'on ne compte que les parcs, jardins et terre-pleins, et 100 m<sup>2</sup> si l'on intègre les parcs nationaux et les terrains agricoles de la *cuenca*.<sup>1</sup>.

S. Guevara Sada et P. Moreno Casasola proposent une nomenclature des espaces verts en milieu urbain et péri-urbain (Guevara Sada & Moreno Casasola, 1988):

- les parcs et jardins de taille et de forme extrêmement variées, qui associent les trois strates de végétation : bois de Chapultepec, du Pedregal, le Club de Golf, le Country Club ;
- les terre-pleins de places et de voies de communication (*camellones*) qui constituent pratiquement les seules surfaces végétalisées dans le Centre ;
- les terres agricoles et les domaines forestiers aux limites de l'agglomération : forêts des parcs nationaux de l'Ajusco et du Desierto de los Leones, terres agricoles à l'est de l'agglomération, chinampas de Xochimilco...
- les parcs nationaux des abords de la ville, parfois menacés d'urbanisation au même titre que les terres agricoles : cerro de la Estrella, las Fuentes Brotantes de Tlalpan, la réserve écologique du campus universitaire de l'UNAM...
- les *espaces ouverts* : terrains de sport (domaine olympique de Cuernavaca, Cd. Deportiva M. Mixhuaca...), cimetières (*Panteón Civil* de Iztapalapa, de *S.L. Tezongo*...), terrains vagues et friches, lots inutilisés (*baldios\**)...

Les auteurs divisent l'agglomération en sept secteurs d'après le type et la quantité de végétation par habitant que présente le tableau 5 ci-dessous.

Dans ce tableau, on constate que le sud et surtout le sud-ouest de l'agglomération bénéficient de la plus importante quantité d'espaces verts par habitant de l'agglomération, qui correspondent surtout à des parcs et des jardins, à formes plus ou moins géométriques, dispersés pour les jardins privés, plus vastes et à dessin régulier pour les espaces publics. Dans le Centre,

---

<sup>1</sup> Les Nations-Unies recommandent 16 m<sup>2</sup>/hab.

l'essentiel des espaces verts est constitué par les terre-pleins centraux ou bandes latérales des avenues et des rocades, c'est dire leurs formes particulières, allongées ou circulaires, et leur état souvent détérioré.

*tableau 5 : Secteurs de distribution et nature des espaces verts.*

secteurs	unités administratives	surface/ hab. <sup>1</sup>	type de végétation dominant
Centre	Cuauhtémoc, B.Juarez, V.Carranza (ouest)	1,2	terre-pleins
Centre-sud	Coyoacán, A.Obregon	1,2 (8,5)	terre-pleins
ouest/ sud-ouest	M.Hidalgo, Cuajimalpa, M. Contreras, Huixquilucan	4,6 (200)	parcs, jardins
sud	Tlalpan, M.Alta, Tláhuac, Xochimilco (sud), Chalco	2,8 (8,8)	terre-pleins
est	Iztapalapa, Ixtacalco, La Paz, Tláhuac (nord), Ixtapaluca, Nezahualcóyotl, Chicoloapan, Chimalhuacán	0,6	terre-pleins et espaces ouverts sans arbres
Centre-nord	Azcapotzalco, G.A.Madero, Naucalpan, Tlalnepantla, Atizapán, Ecatepec (sud)	1,7	terre-pleins et terres agricoles
nord	Cuautitlán, C.Izcalli, Tultitlán, Coacalco, Ecatepec (nord), Tecamac	?	terres agricoles et friches

source : Guevara Sada & Moreno Casasola, 1988.

Les municipes de l'est aménagent parfois des espaces ouverts : terrains de sport, places publiques... (Nezahualcóyotl) mais qui souffrent d'un manque d'entretien et ne développent qu'une végétation spontanée et ponctuelle, vite jaunie en saison sèche.

L'information sur les espaces verts, fournie dans le Plan d'Occupation du Sol, ne contient pas les espaces verts privés, pourtant nombreux dans le sud-ouest et le sud de l'agglomération. Cette information ne peut être déduite qu'à partir des densités d'habitants spécifiées par le Plan (lots de grande surface, basses densités), ce qui représente une approximation très grossière et peut conduire à de nombreuses erreurs.

Nous verrons que le traitement d'images satellitaires permet de palier cette pauvreté de l'information traditionnelle, par une bonne restitution de l'information concernant les espaces

<sup>1</sup> en m<sup>2</sup>/hab.; les nombres entre parenthèses correspondent aux surfaces qui incluent les parcs nationaux.

verts entretenus en milieu urbain. L'image offre également la possibilité de juger de l'état de la végétation urbaine. Nous en traiterons tout au long de la deuxième partie de ce travail (chapitres 6 à 9, ainsi que dans le chapitre 13 consacré aux relations entre l'image et le terrain).

## 2. Les réseaux de communication

Nous avons vu que le système hydraulique pré-hispanique est devenu inadéquat avec les modifications engendrées à partir du XVII<sup>ème</sup> siècle. Les canaux destinés à la communication, en particulier, ont peu à peu disparu, comblés et transformés en axes de communication par voie de terre.

Au XIX<sup>ème</sup> siècle, il subsistait encore des canaux, notamment pour l'approvisionnement depuis le sud du bassin (Xochimilco), mais les rues constituaient déjà les réseaux de communication prédominants, en particulier dans les quartiers de la périphérie.

Après la Révolution, le développement des quartiers excentriques et de l'activité économique requièrent des moyens de transport plus performants en volume et en rapidité, nécessités accentuées avec la création, dans les années 40, de nouveaux quartiers qui se spécialisent dans l'activité industrielle. Au cours de cette décennie, sont réalisés les premiers travaux importants d'amélioration du réseau : élargissement, prolongation et création de nouvelles voies, en vue de répondre à la croissance du nombre de véhicules et à l'expansion spatiale de Mexico.

*tableau 6 : Nombre de véhicules à moteur de 1940 à 1988 en milliers d'unités ;*

1940 : 48	1970 : 680	
1950 : 74	1975 : 1.200	1985 : 2.700
1960 : 248	1979 : 2.000	1988 : 4.000

sources: 1940 à 1970 : Bataillon, 1973 ; 1978 : Garza-Schteingart, 1978 ;  
1985-1988 : Domínguez Pommerencke, 1988.

### 2.1. Le réseau principal

Malgré l'ouverture du tronçon sud-ouest et sud du périphérique<sup>1</sup> (*anillo periférico*) pour les Jeux Olympiques de 1968, et des travaux sur le réseau de voirie, dont ceux de l'anneau

<sup>1</sup> Avant sa prolongation, commencée à Xochimilco en 1990, le périphérique ne faisait environ qu'un tiers de circonférence.

intérieur (*anillo interior*) de 1971 à 76, la saturation gagne l'ensemble de l'agglomération. Cette situation concerne non seulement les véhicules privés, mais également 8.000 bus qui assurent, à la fin des années 70, la moitié des 17 millions de trajets quotidiens<sup>1</sup>. On calcule alors que 3,2 millions d'heures se perdent chaque jour dans les encombrements ; les gaz d'échappement causent des dégâts sanitaires et écologiques considérables.

Devant cette situation, les pouvoirs publics du District Fédéral, ont établi un Plan directeur des voies de communication (*Plan rector de vialidad*) qui, vu l'ampleur des travaux, se réalisera en plusieurs étapes.

Le schéma de base du réseau est la réalisation d'un système de voies circulaires, sur lesquelles se superposent une trame d'axes orthogonaux qui traverseront l'agglomération de par en par selon les deux directions : nord-sud et est-ouest.

La première étape prévoit la construction de 15 *ejes viales*, d'une longueur totale de 133 km, sur les 533 à réaliser au total, par l'adaptation du réseau existant et le percement de nouvelles voies. Ils draineront 93 km<sup>2</sup> à l'intérieur du *circuito interior*, de façon à désengorger le Centre et les quartiers de voisinage immédiat.

A la fin des années 70, ces vastes trouées commencent à transformer, défigurer diront certains, le paysage urbain de Mexico : destruction d'édifices, construction d'ouvrages d'art, interruption ou déviation du réseau secondaire, induction ou modification de l'urbanisme (Delgado, 1988 (2), p.194 et suivantes)... avec des résultats positifs sur l'écoulement du trafic. Ces axes se caractérisent par leur largeur (3 à 6 voies dans chaque sens), leur rectilignité, les ouvrages d'art qu'ils requièrent et, dans le détail, la rareté voire l'absence de feux-rouges, le contrôle de l'accès, les sens uniques, les couloirs pour bus...

Ces voies sont parfois élargies par la présence d'un double réseau. Dans le cas de la calzada de Tlalpan, le métro aérien circule entre les deux chaussées, depuis San Antonio Abad jusqu'à Taxqueña ; dans celui du Viaducto, c'est un canal couvert qui sépare les deux sens...

---

<sup>1</sup> taxis: 1 million de passagers/jour, trolley-bus: 750.000.

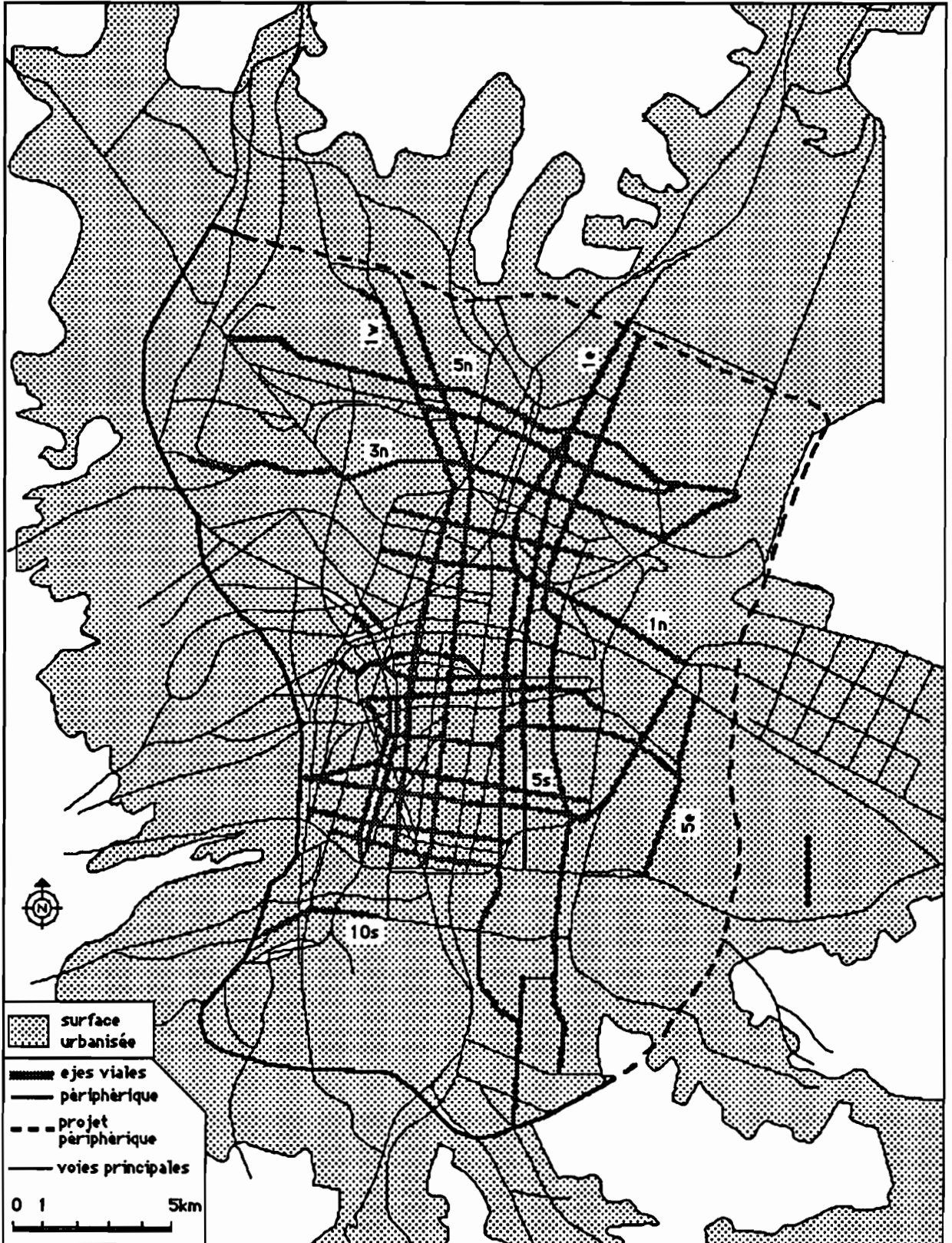


figure 25 : Principaux éléments du réseau de communication, agglomération de Mexico.

En 1989, on compte 25 *ejes viales* : numérotés en direction des points cardinaux depuis le Centre : 5 au nord et 10 au sud, orientés est-ouest, 3 à l'ouest et 7 à l'est orientés nord-sud. Ces axes viennent renforcer ou connecter les autres grandes voies de communication qui drainent l'agglomération en tous sens (voir page suivante); la moitié des 533 km prévus est en service. Deux voies circulaires sont en cours de formation : 17 km du *circuito interior* dont la longueur totale prévue est de 34,5 km, et les 32 km du périphérique dont la prolongation débute en 1990, en direction du nord-est, depuis Xochimilco par Tláhuac<sup>1</sup>.

Alliant les nécessités écologiques aux solutions techniques des embouteillages, le District Fédéral limite à partir de novembre 1989 la circulation des véhicules privés.

La carte ci-dessus (figure 25) montre les principaux éléments du réseau de voirie, et nous confirme que l'orientation et le tracé des grands axes restent dans l'ensemble inspirés du modèle préhispanique : trame orthogonale de voies rectilignes orientées nord-sud et est-ouest. Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, on trouve survivance de l'ancien axe nord-sud des Aztèques qui se prolonge maintenant vers le sud par Pino Suarez, San Antonio Abad, puis la calzada de Tlalpan. Vers le nord, la petite rue de Jesus Carranza, dans le prolongement de Argentina, pourrait correspondre au segment septentrional de cet axe ancien, mais il s'interrompt quelques *cuadras* plus loin.

## 2.2. Le réseau secondaire

Entre les mailles de ce réseau principal qui découpe l'espace en grandes pièces de terre, le réseau secondaire a tissé sa propre trame. Ainsi, l'organisation spatiale locale privilégiée reste le plus souvent la trame réticulaire à l'image de l'organisation des *calpulli* conservée et généralisée par les colons espagnols, avec cependant des variantes selon les quartiers :

- si le parallélisme et l'orthogonalité des rues sont reproduits, l'orientation de celles-ci n'est pas toujours conforme au découpage nord-sud/est-ouest, mais peut épouser d'autres directions ;

---

<sup>1</sup> En 1983, on estimait les voyages quotidiens à l'aide d'un moyen de transport à 22,4 millions, dont près de la moitié par bus, trolley et taxi collectif.

- l'espacement des rues, c'est-à-dire la géométrie et la taille des *manzanas\**, peut être localement constant, à l'intérieur d'une colonie, par exemple, mais aucun espacement-type ne semble avoir été adopté. Les manzanas peuvent être donc conformées en quadrilatères, avec de nombreuses variantes dans le rapport de la longueur à la largeur ;
- dans certains quartiers, des rues transversales coupent l'agencement réticulaire.

Les orientations nord-sud et est-ouest se révèlent prédominantes dans l'ensemble de l'agglomération. Cependant, l'examen de l'organisation des colonies montre l'existence de nombreuses exceptions à ce type d'organisation. En premier lieu, ces exceptions correspondent souvent aux anciens villages situés jadis à l'extérieur de l'agglomération. Leurs structures en ruelles étroites et tortueuses se détachent assez bien, sur les plans, des trames géométriques pures ; on trouve de tels exemples à Iztacalco, Xochimilco...

De nombreuses colonies modernes ont adopté des configurations différentes, notamment les quartiers aisés de l'ouest et du sud-ouest. Dans certains cas, le tracé des rues n'a pas de géométrie précise, parce qu'il a été préféré un dessin plus personnalisé et moins monotone, où l'on a privilégié l'esthétique au rationnel : *Jardines de Pedregal, San Jeronimo, San Antonio Zomeyucan...*

Dans d'autres cas, le tracé est également géométrique, mais non en damier ; parmi ceux-ci, on citera : l'association de courbes et de droites des *Lomas de Chapultepec* et de *Cd. Satelite*, les figures régulières comme la *toile d'araignée* de la colonie *Federal* d'organisation octogonale, les sinusoides de *Campestre Churubusco*, le demi-cercle de *Educación...*

Certains quartiers, au contraire, parmi les plus défavorisés, s'adaptent aux contraintes topographiques et suivent les courbes de niveau comme *El Tanque* et *San Bernabe Ocotepc* accrochés aux pentes du cerro El Judio. D'autres formes d'adaptation au milieu se rencontrent sur le piémont des volcans Xaltepec et Tetecon, à l'est, peuplés des colonies *Tecuautitlan* ou *Loma de Santa Cruz* (Santa Maria Xalpa), où le découpage de l'espace tente de reproduire la trame réticulaire, mais se trouve fréquemment interrompu par les accidents du terrain. Le résultat confère au quartier une apparence de labyrinthe composé de segments de rues...

Dans le nord, les quartiers partis à l'assaut des pentes du Petlecatl, paraissent souvent se composer de bris de structures assemblés tant bien que mal.

Enfin, les quartiers à équipements importants (gare, industries...) sont organisés selon les contraintes techniques liées à leur activité : généralement réticulaires mais à espacement de voirie beaucoup plus important que les quartiers résidentiels ou de services.

De ces exceptions, il demeure que l'organisation réticulaire prédomine dans les colonies populaires d'édification récente, parfois sur de vastes surfaces comme à Chalco ou à Nezahualcóyotl. Dans ce dernier cas, nous verrons au cours du chapitre consacré à la présentation détaillée des quartiers étudiés, qu'il existe une hiérarchie et un emboîtement des réseaux de communication, organisés selon une même structure, mais à des échelles différentes (chapitre 4).

### 2.3. Métropole et réseaux

Nous avons vu que, pour certains auteurs, la *métropolisation* se produit par intégration des quartiers directement conurbanisés ou voisins (voir chapitre précédent, § 2.2), en particulier grâce aux artères de communication régionale qui enserrant les éléments urbains dans les mailles de leurs réseaux, et confèrent une cohérence à l'ensemble.

Le schéma du réseau de voirie principale présenté ci-dessus (figure 25) permet d'apprécier cette intégration et de vérifier l'existence d'inégalités entre les divers secteurs de l'agglomération. La trame, en effet, présente plusieurs caractères :

- un réseau dense, orthogonal, dans le centre de Mexico ;
- un réseau radial, plus relâché, à l'ouest, au nord-ouest et nord du réseau central ;
- la rareté de ce réseau radial dans le demi-cercle opposé, hormis à Xochimilco ;
- un réseau réticulaire indépendant à Nezahualcóyotl, mal relié à celui du Centre, du moins jusqu'au début des années 90 ;
- l'absence de réseau principal sur les franges les plus extérieures de l'agglomération, sauf dans le nord-ouest.



La nature et la distribution des réseaux de voirie peuvent donc se schématiser comme suit :

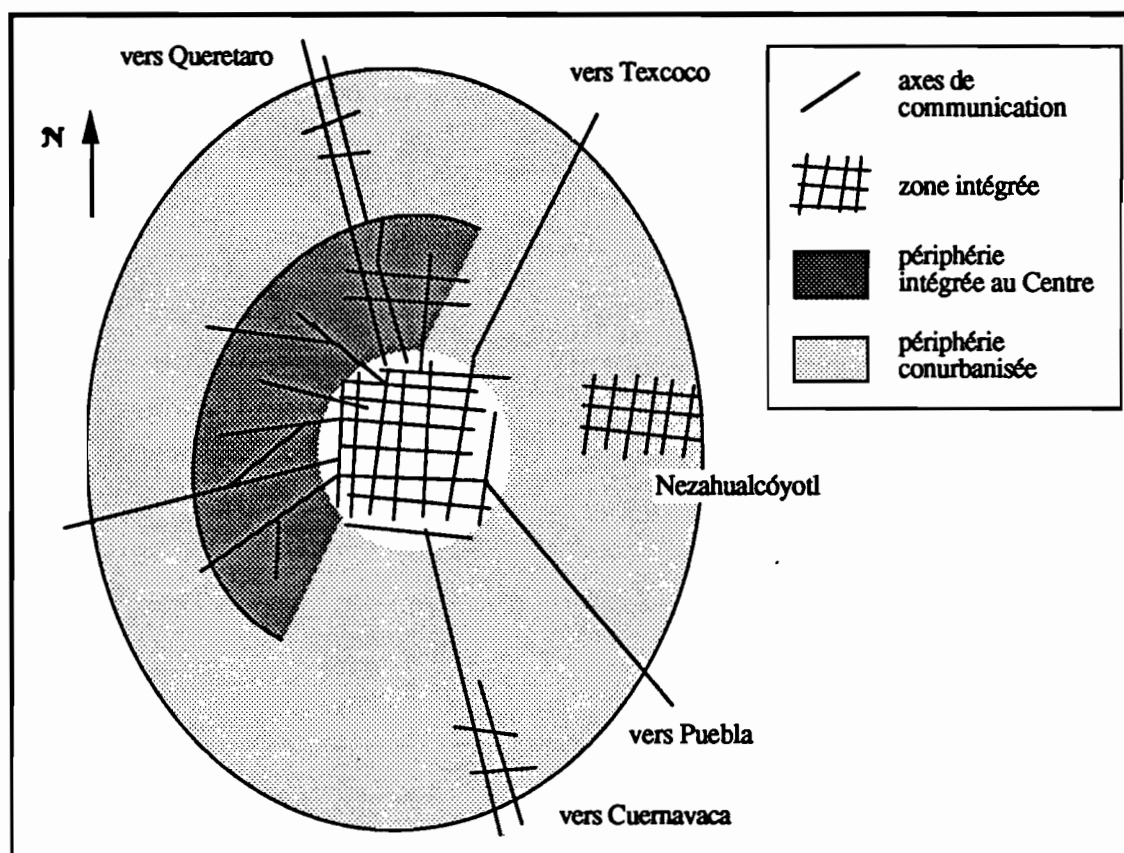


figure 26 : Exemple d'intégration urbaine par les réseaux de voirie principale.

On fera également quelques remarques en termes de communication intra-urbaine à partir de ces observations :

- la densité du réseau central confirme la forte cohésion de cette partie de la ville qui s'inscrit dans un rectangle d'environ 15 x 11 km, soit 165 km<sup>2</sup>. La régularité de la trame orthogonale montre qu'il n'existe pas de directions ni de secteurs privilégiés à l'intérieur de ce périmètre cerné par le *Circuito Interior*.

- le réseau radial de la "première périphérie" ouest et nord, de 5 ou 6 km de largeur, montre au contraire une forme d'intégration et des relations différentes : l'intégration se réalise entre l'extérieur et le Centre, et moins concentriquement entre quartiers périphériques. Les efforts de désenclavement parallèle concrétisés par la création du Périphérique et des *eyes* de direction est-ouest, au nord et au sud, restent rares.

- l'absence de réseau radial est et sud explique la faible intégration de ces quartiers, pourtant à fort volume démographique, avec le reste de la cité ; en un certain sens, la métropolisation n'est pas encore totalement réalisée dans ces secteurs conurbanisés.
- le réseau de Nezahualcóyotl montre un exemple assez particulier de métropolisation locale d'un quartier périphérique conurbanisé à Mexico, mais peu intégré à celle-ci, en tout cas du point de vue des relations spatiales.
- enfin, l'absence de réseau dans les banlieues lointaines, y compris dans la périphérie ouest et nord, dénote l'éloignement fonctionnel et structurel de la "seconde périphérie", dont les quartiers restent relativement isolés du Centre et entre eux. Cette ceinture est entrecoupée par les faisceaux des axes routiers nationaux : vers Cuernavaca au sud, Puebla au sud-est, Texcoco au nord-est, Queretaro au nord-ouest...

L'absence de voies de communication importantes n'empêche pas, bien au contraire, l'établissement de réseaux de types différents qui pallient l'insuffisance du réseau de voirie. La multiplicité et l'adaptation des réseaux de transport, par exemple, rendent néanmoins la mobilité à des populations intégrées, par ailleurs, à d'autres composantes de la métropolisation : emploi, administration, approvisionnement, services de santé, de scolarité ou autres...



Dans ce chapitre, nous avons évoqué les structures des différentes régions de l'agglomération ; nous avons localisé les principales zones industrielles et les espaces verts sur un sol urbain essentiellement constitué de quartiers résidentiels. Nous retiendrons que la forme privilégiée d'habitation est, par tradition, l'habitat individuel, quelle que soit les ressources des occupants.

Les secteurs résidentiels défavorisés occupent, dans une très large majorité, dans le nord et l'est de l'agglomération, souvent développés dans des conditions insalubres. L'ouest et le sud, au contraire, rassemblent de nombreux quartiers destinés aux populations nanties, ce qui n'exclut pas la présence d'interstices de pauvreté aux portes-même des richissimes villas.

que les secteurs industriels se situent essentiellement dans le nord de l'agglomération : Tlalnepantla, Naucalpan et Ecatepec, mais qu'il existe d'importants foyers dans la délégation d'Iztapalapa et le municipe de La Paz, secteurs est de l'agglomération.

Les espaces verts sont surtout localisés dans le sud et l'ouest où l'on compte de nombreux jardins privés entretenus. Dans les autres secteurs, les espaces ouverts sont surtout représentés par les friches et les terrains vagues dans un état déplorable. L'absence notable de végétation dans l'est de l'agglomération est en partie liée à la nature saline du sol, mais aussi à une urbanisation dévastatrice.

Enfin, la trame des grands axes de voirie et la structure du réseau secondaire nous ont permis de préciser l'organisation de l'espace et le degré d'intégration de chacun des quartiers à l'ensemble. Mis à part deux grands axes de communication (Mexico-Texcoco et Mexico-Puebla), nous avons vu que de vastes secteurs de la périphérie-est restent à l'écart des grandes infrastructures, à la fin des années 80.

Cette présentation générale appelle des nuances et des précisions que nous allons exposer dans le chapitre suivant.

# Chapitre 4

## Les délégations et municipes de l'agglomération de Mexico

---

Dans cette partie, nous présenterons plus en détail notre aire d'étude : le sud et l'est de l'agglomération de Mexico, selon les divisions administratives qui la composent.

Nous étudierons individuellement les délégations et les municipes selon leur localisation dans la périphérie de l'agglomération, et selon leur regroupement possible pour les représentations cartographiques résumant l'occupation du sol. Notre objectif, ici, est de présenter les caractères principaux qui déterminent les différents paysages de la périphérie étudiée, ainsi que les éléments de caractérisation de l'occupation du sol et d'organisation de l'espace.

Nous exposerons donc :

- les différents types d'occupation du sol rencontrés dans la délégation ou le municipe : quartiers résidentiels à plus ou moins forte densité, zones industrielles, espaces verts ;
- les types de construction, en particulier les quartiers à majorité de bâtis précaires ;
- les diverses structures de voirie : organisation des réseaux principaux et secondaires, association locale de structures différentes, hiérarchie éventuelle de ces structures...
- les éléments qui permettent de préciser les secteurs à forte croissance spatiale ou à mutation rapide par densification du bâti ou transformation de celui-ci ;
- les principales interdépendances qui existent entre les éléments ci-dessus.

Nous évoquerons, également, les conditions humaines dans lesquelles s'est opéré ou s'opère le développement des quartiers, dans la mesure où ces conditions interviennent dans le processus d'urbanisation et d'expansion du secteur : forte croissance démographique, par exemple.

Pour ce travail, nous utiliserons les indications fournies par le Plan d'Occupation du Sol établi par le Département du District Fédéral en 1982, et les documents concernant l'Etat de Mexico publiés par divers auteurs dans l'*Atlas de la ciudad de México*.

L'analyse des structures et de certains caractères de l'urbanisation prendra également en compte les plans au 1/20.000 du SIGSA (SIGSA, 1986), ainsi que les mosaïques de photos aériennes de 1986 agrandies au 1/20.000 assemblées par l'INEGI (INEGI, 1986).

Les cartes produites ci-après sont établies à partir de celles du *Plano de usos del suelo* ; comme nous le verrons plus loin, ces documents, qui proposent une partition de l'espace urbain, nous aideront à interpréter les caractères des images satellitaires.

L'ordre retenu pour la présentation des divisions administratives se déroulera d'ouest en est et du nord au sud, de telle manière que l'analyse respecte une certaine continuité spatiale :

- Nezahualcóyotl-Chimalhuacán ;
- Iztapalapa-La Paz-Ixtacalco ;
- A. Obregon-Tlalpan ;
- Xochimilco-Tláhuac.

Par ailleurs, étant donné l'importance des travaux récemment menés sur Chalco, et l'intérêt présenté par sa forte dynamique, un chapitre particulier sera consacré à ce municipe.

## 1. Nezahualcóyotl

Créé seulement en 1963 à partir de terrains appartenant à Chimalhuacán et à Ecatepec, le municipe de Nezahualcóyotl reste l'un des premiers exemples, et parmi les plus marquants, d'urbanisation par invasion en masse, et de lutte pour la légalisation de l'appropriation des terres, au point d'avoir constitué un symbole pour les mouvements populaires urbains.

Les taux de croissance démographique sont un premier indicateur de l'ampleur du phénomène : entre 1950 et 1980, le volume de la population a été multiplié par 233, de 6.000 il est passé à 1,4 million d'habitants, soit 10% de la population de l'agglomération.

Les années 50 correspondent à la période de croissance la plus intense, avec un taux moyen annuel de près de 25%. Ce taux baisse depuis 1960 : 22% et 8,3% au cours des deux décennies suivantes. Le taux de croissance naturel est resté, quant à lui, constant avec une valeur de 3% environ.

La structure des âges de la population se caractérise par de fortes proportions des populations jeunes, avec un léger vieillissement après 1970 (1970 : 51% de moins de 15 ans ; 1980 : 45%). La mortalité infantile est particulièrement élevée à Nezahualcóyotl soumis aux vents dominants du nord-est qui entretiennent des foyers de maladies gastro-intestinales et respiratoires. Cette direction des vents rabat, en effet, sur la ville les microparticules émanant des eaux stagnantes de la lagune et des dépôts d'ordures géants qui s'y mélangent, à la limite nord des terres habitées (*bordo Xochiaca*).

Bien que situé en périphérie, le territoire de Nezahualcóyotl est en grande partie urbanisé : 51 des 62 km<sup>2</sup> de la surface totale, occupés à 50% par un bâti d'habitation constitué dans son immense majorité par des maisons individuelles. La faible proportion d'espace consacré à des activités industrielles (0,4%) ou commerciales (5,3%), celles-ci étant regroupées surtout sur les principaux axes de communication, confirme que Nezahualcóyotl est un quartier essentiellement de résidence où près de 80% de la population active travaille en dehors du municipe.

On notera que Nezahualcóyotl est densément urbanisé, puisqu'on compte seulement 5% de terrains inoccupés. Par ailleurs, nous avons vu ci-dessus que le sol était rentabilisé par une forte occupation des terrains, avec plusieurs logements individuels par lot.

Le quartier montre un assez haut degré de consolidation : 3% seulement des logements sont classés précaires ; un tiers d'entre eux reste de niveau bas, et les deux tiers de niveau moyen,

résultats obtenus par trente années de développement. L'eau potable et le drainage, ainsi que l'électricité, desservent l'ensemble de la population.

Nous avons cité ci-dessus (chapitre 3) le réseau de voirie de Nezahualcóyotl qui est un exemple-type du réseau à structure réticulaire hiérarchisée, ici tracé à grande échelle, et qui confère à ce municipe la cohérence et la régularité de son tissu.

Le squelette principal est constitué par un ensemble de larges avenues, souvent à chaussées séparées :

- 5 d'orientation nord-ouest/sud-est<sup>1</sup>, dont la longueur atteint une dizaine de kilomètres, entre lesquelles s'intercalent, au total, 13 voies de moindre importance ;
- perpendiculairement aux premières, une dizaine d'autres<sup>2</sup> d'au maximum 4 kilomètres de long, séparées par des manzanas en nombre variable (de 15 à 30).

Les rues du réseau secondaire qui suivent les orientations des avenues, constituent les mailles du tissu à l'échelle du pâté de maisons, ici long et étroit (environ 250 x 25 m).

Toutes les avenues sont goudronnées, excepté en leur extrémité orientale. Par contre, si elles sont désormais stabilisées, de nombreuses rues restent encore sans revêtement à la fin des années 80.

Au coeur des zones délimitées par les avenues principales, des *centres de quartier* ont été aménagés, places de forme rectangulaire, plus ou moins garnies de végétation, et entourées de services : administrations et commerces.

Mis à part le *parc récréatif* un peu à l'est du municipe et la *zone sportive*, la végétation n'apparaît que sur les terre-pleins centraux des avenues (transformés en terrains de sport sur l'avenue Xochiaca), et sous forme arborée dans quelques rares rues et *patios* privés.

---

<sup>1</sup> Avenues: Xochiaca, Morelos, Chimalhuacán, Pantitlán et Texcoco.

<sup>2</sup> Avenues Cuauhtemoc, V.R.Palacio, Nezahualcóyotl, L.Mateos....

## 2. Chimalhuacán

Le municpe de Chimalhuacán se divise en trois zones géographiques délimitées par leurs caractéristiques topographiques liées à la présence du cerro Chimalihuache :

- le cerro lui-même, de forme grossièrement circulaire, à fortes pentes et surélevé, par rapport au lit de l'ancien lac Texcoco ;
- le piémont à pentes moyennes (inférieures à 5%) qui entoure le cerro ;
- les terres plates et poussiéreuses qui s'étendent vers le nord jusqu'aux restes du lac.

A la fin des années 80, la partie urbanisée se limite au piémont et à une partie des terres plates, sur les deux tiers orientés nord, ouest et sud-ouest de la circonférence, en contact direct avec Nezahualcóyotl et La Paz.

La population s'est multipliée par 8 entre 1950 et 1980, puis passe de 64.500 habitants en 1980 à 258.000 en 1989. Les taux de croissance moyens annuels montrent que le municpe a augmenté de population au même rythme que l'ensemble de l'agglomération entre 1950 et 1970 : 4,4% et 5,7%, pour les deux décennies, mais passe à 11% dans les années 70, puis à 17,3% entre 1980 et 1989. Cette croissance est due à 80% aux mouvements migratoires en partie internes à l'agglomération (36%).

La proportion des adultes actifs, 15-64 ans a baissé jusqu'en 1970 (47,8%), et remonte légèrement : 49,9% en 1980.

La surface urbanisée couvre 13 km<sup>2</sup>, soit un tiers du territoire de Chimalhuacán en 1980, et s'étend à près de 22 km<sup>2</sup> en 1988. Deux zones urbaines se distinguent :

- le centre urbain (*casco urbano*) développé début 1970 (Gobierno del Estado de Mexico, 1989, p.16) le long de l'avenue Juárez qui contourne le cerro, qui se caractérise donc par sa longueur et sa faible largeur. Ce quartier s'oppose à ceux de la zone lacustre par la densité et l'âge de ses constructions en dur, par ses ruelles en pente, la présence de jardins et d'arbres en assez grande quantité.



• les quartiers apparus dans les années 80, développés illégalement en contre-bas, sur les terres plates. Ils s'étirent en rayons disposés autour du cerro, les plus récents situés déjà à quelque deux kilomètres du centre urbain, et s'avancent vers l'extérieur. A l'inverse du *casco urbano*, cette auréole urbaine se caractérise par la dispersion et la précarité de son bâti, et par l'absence d'arbres. L'examen de la dispersion du bâti sur photos aériennes met en évidence un développement qui progresse en contournant le cerro dans le sens des aiguilles d'une montre. Les quartiers se développent sur sol salin sec (voir chapitre 1, § 1.3) dépourvu de végétation, que l'activité urbaine intense (constructions, passages, dépôts, damage...) dégrade fortement et transforme en croûte. La boue emplie les excavations et les affaissements de terrain en saison des pluies, et sèche durant l'hiver, transformant les ornières en "nids à poussière" ; la finesse des particules de cette vase séchée explique que le moindre souffle d'air ou la moindre activité crée en permanence des tourbillons de poussière. Nous verrons plus loin que ces caractères se révèlent de première importance dans une étude de télédétection.

Dans la partie septentrionale de la zone urbanisée, le quartier ancien et les extensions récentes restent séparées, au début des années 90, par une aire d'exploitation agricole dont la largeur se réduit vers l'ouest, et dont les champs sont mités par un urbanisme encore diffus.

Près de 70% de la surface urbanisée sont occupés par des constructions à usage d'habitation ; les activités de services, industrielles et commerciales et les équipements se partagent 1,7% du territoire. Une telle disproportion met en évidence le caractère de ville-dortoir dépourvue des équipements de base, avec une population qui travaille essentiellement dans le District Fédéral, et un fort taux de sous-emploi ou de chômage : 45%.

La répartition spatiale du type et de l'état des logements respecte la distinction des deux zones urbaines présentées ci-dessus. Le centre est composé de maisons en bon état, pourvues dans leur totalité des équipements de base. En revanche, les quartiers récents présentent tous les types de bâtis, de la cabane du *paracaidista* au bâti définitif, mais souvent privés des services de base, notamment de drainage et en particulier de l'évacuation des eaux usées. La dispersion des habitations et leur illégalité constituent un empêchement à leur équipement et à la dotation de services.

La présence du cerro a déterminé la structure des quartiers de cette banlieue. Nous avons vu que le centre le contournait sur ses hauteurs ; la zone d'urbanisation récente le contourne également au nord, mais par les terres plates, en progressant à la fois vers l'extérieur et vers l'est. Le réseau de voirie permet de retrouver cette structure radiale fractionnée par des voies de communication au dessin concentrique, et organisée hiérarchiquement :

- les rues disposées radialement forment des faisceaux serrés qui découpent des manzanas de faible largeur, équivalentes à celles de Nezahualcōyotl, mais qui s'élargissent à l'extérieur de la circonférence. Cet éventail reste incomplet ou imprécis vers l'est où la structuration de l'espace n'est pas achevée. Seules quelques routes qui descendent en ligne droite la pente depuis le centre<sup>1</sup>, traversent l'aire agricole et relient les nouveaux quartiers aux anciens.

- des rues transversales déterminent la longueur des manzanas ; par portions successives, elles décrivent des arcs de cercles concentriques au cerro et à l'avenue Juárez. Certaines d'entre elles : avenues del Cooperativismo, del Sindicalismo, del Obreroismo... permettent, par leur importance, des communications plus rapides. Ces axes circulaires principaux complètent les éléments radiaux ci-dessus.

Cette structure rappelle la structure réticulaire hiérarchisée de Nezahualcōyotl, mais adaptée ici à un univers courbe centré sur le cerro.

De cette organisation théorique, il n'existe, nous l'avons signalé, qu'un réseau encore très incomplet à l'est et imprécis du fait de la dispersion du bâti. Enfin, mis à part les axes principaux stabilisés et parfois goudronnés, l'ensemble du réseau secondaire est difficilement carrossable.

A l'est, en direction de la route de Texcoco, on observe un groupement de constructions individuelles peu dense relié aux extensions récentes décrites ci-dessus par un bâti très diffus. En certains endroits, on note la présence de parcelles construites isolément ; leur densité, leur taille, leur forme, leur agencement par rapport aux champs qui les entourent, conduisent à penser qu'il s'agit d'anciennes terres agricoles récemment cédées à l'urbanisation.

---

<sup>1</sup> Rues El Puerto, Canteros, Cosamaloc, Mariano... mais dont les noms changent à chaque mandat présidentiel.

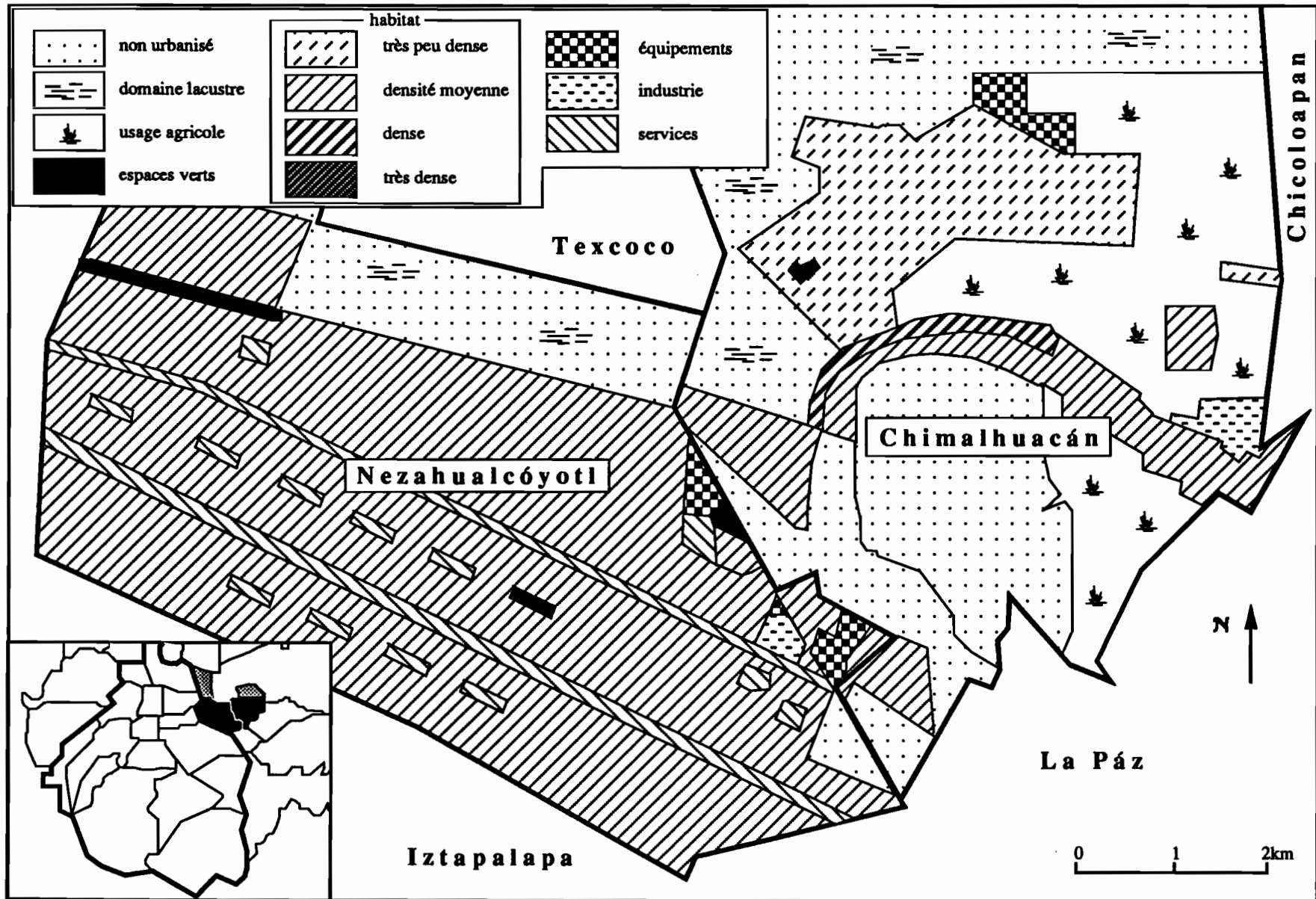


figure 27 : Occupation du sol des municipes de Nezahualcóyotl et Chimalhuacán.

A la jonction, presque, des anciens quartiers et de la route de Texcoco, on compte une dizaine de bâtiments à vocation industrielle, assez dispersés, qui semblent s'intégrer à la zone d'activités située le long de la route et que l'on verra plus loin, avec la description du municipio de La Paz.

### 3. Iztapalapa

La délégation d'Iztapalapa s'étend sur les terres lacustres anciennement immergées, et présente une topographie plane dans son ensemble, hormis les reliefs des cerros de la Estrella et du Peñon Viejo, ainsi que celui des pentes des volcans Xaltepec, San Nicolás... et du cerro de la Caldera au sud-est. Ce secteur est le lieu d'inondations lors de la saison des pluies, puisque l'altitude est ici parmi les plus basses du bassin, et que les équipements de drainage ne desservent qu'une partie de sa surface.

Iztapalapa montre une forte dynamique de population entre 1950 et 1980, puisque le nombre d'habitants a été multiplié par 16 (78.600 à 1,3 million d'habitants), dynamique importante surtout dans les années 50, comme le montre l'évolution du taux de croissance moyen annuel : 13,6%, 7,6% et 8,5% respectivement au cours des trois décennies (près de 10% sur l'ensemble de la période) (Manuel & Sáiz, 1988).

La croissance par migration constitue, évidemment, l'élément déterminant de cette croissance : 3 fois la croissance naturelle dans les années 50 ; 1,5 fois dans la période 1970-80.

La natalité reste élevée, dépassant 40 naissances pour 1.000 habitants, tandis que la mortalité a été divisée par deux au cours de ces trente ans (12,9 à 6,1 pour 1.000).

Le taux d'urbanisation de la délégation est assez élevé : 80% de sa surface, soit 95 km<sup>2</sup>, sont désormais à usage urbain avec une densité d'habitants assez basse : 16.600 hab/km<sup>2</sup> (District Fédéral : 18.000 hab/km<sup>2</sup>). Du domaine urbain, on calculait au début des années 80, que 25 km<sup>2</sup> dispersés en terrains vagues restaient encore non construits.

On notera l'importance de la surface consacrée aux activités de services : 20%, et industrielles : plus de 12%, si l'on prend en compte les quartiers mixtes industriels-résidentiels. Iztapalapa regroupe en effet les zones industrielles parmi les plus importantes du District Fédéral ; elles se localisent surtout dans la moitié septentrionale de la délégation (colonies *Sta María Acatitla, Sta María Aztahuacan, Tepalcates, Ejidal Iztapalapa...*), et se signalent ici par l'extension spatiale de leurs infrastructures.

On remarque d'autres zones d'activités industrielles, parfois associées à des activités de services, dans le quart sud-ouest de la délégation ; moins imposantes, et de forme allongée, elles sont regroupées le long des axes routiers (colonies : *Puente Blanco, San Lorenzo Tezonco, Granjas Estrella, Esmeralda, Sta Isabel Industrial...*).

Les deux tiers de la surface urbanisée sont occupés par les habitations, pour la plupart maisons individuelles populaires. On trouve également de grands ensembles à l'est, et des quartiers plus aisés à l'ouest.

Des quelque 260.000 logements recensés en 1980, on observe une très forte majorité (94%) construits en dur, près de la moitié reste encore sans eau courante. Iztapalapa présente donc des quartiers fortement consolidés du point de vue de la construction (ils sont, il est vrai, déjà anciens), mais avec un certain retard quant à la dotation des services et des équipements de base.

Cela s'explique en partie par le fait que la moitié des colonies, précisément, n'était toujours pas légalisée au moment de ce recensement, parfois après plus de 20 ans d'existence.

Paradoxalement, la délégation qui regroupe des institutions d'enseignement comme l'unité Iztapalapa de l'UAM, l'Institut Polytechnique, le Collège des Sciences et Humanités, ne peut satisfaire la totalité de la demande d'instruction primaire.

Avec le Parc National Cerro de la Estrella et le Cerro del Penón, 3,3% du territoire est couvert par des espaces verts, ce qui correspond 2,5 m<sup>2</sup>/hab., encore ces espaces verts sont-ils presque totalement dégradés.

Nous avons vu que les réseaux de canaux de l'ancien Mexico avaient été peu à peu comblés, déterminant dans de nombreux cas la structure de la voirie. A Iztapalapa, la calzada de la Viga et l'avenue Río Churubusco ont été construites sur d'anciens canaux. A ces artères, se sont ajoutés d'autres axes importants (Circuito Interior, Ermita-Iztapalapa, Mexico-Tulyehualco, I. Zaragoza, F. del Paso...), au long desquels se sont parfois développés des sites industriels qui drainent efficacement le trafic et relient la délégation au reste de l'agglomération.

Le réseau secondaire, en particulier à l'est, reste pour moitié sans asphalte.

Deux types d'organisation de l'espace selon la voirie apparaissent clairement à l'examen des plans au 1/20.000 :

- au nord de la calzada Ermita-Iztapalapa, les quartiers se caractérisent par des réseaux de voirie rectilignes et perpendiculaires qui déterminent une organisation régulière en manzanas de taille et de forme homogènes à l'intérieur d'un même quartier. Entre les quartiers les caractéristiques des manzanas diffèrent<sup>1</sup>, souvent en fonction de l'utilisation du sol : les colonies industrielles présentent des pâtés de maisons plus vastes que ceux des quartiers résidentiels. Dans la plupart des cas, la longueur des manzanas est grossièrement orientée nord-sud.

- au sud de l'axe Ermita-Iztapalapa, l'organisation en trame orthogonale est beaucoup moins nette et plus sporadique. La colonie Las Peñas ou celle de Tepotitlan, par exemple, se caractérise par des rues qui progressent par courts segments (longueur d'une manzana) non-alignés, décalés ou localement interrompus. Dans le cas de Tepotitlan, ces irrégularités sont dues à la topographie tourmentée des pentes volcaniques de la sierra, celle-ci obligeant les voies de communication à contourner les éléments rocheux ou les interrompant<sup>2</sup>. En outre, ces quartiers sont privés d'axes importants.

Enfin, on notera la présence dans la délégation de constructions d'importance : la *Central de Abasto*, le *Reclusorio Oriente* et l'*Emisora Xex* (respectivement, les *Halles de Mexico*, une prison et un terrain d'émission radio), de vaste superficie et dont les corps de bâtiments sont agencés géométriquement.

---

<sup>1</sup> On rencontre parfois des manzanas de forme triangulaire à la coïncidence de réseaux d'orientations différentes.

<sup>2</sup> On notera que dans les conditions topographiques difficiles, les quartiers modernes conservent ici les droites, même par segments, et n'adoptent pas les courbes.

#### 4. La Paz

Le municipe de La Paz s'étend sur 37 km<sup>2</sup> qui comprennent des terres plates au centre et à l'ouest, le volcan de la Caldera au sud, les cerros El Pino à l'est et Chimalhuache au nord. La proximité des surfaces poussiéreuses abandonnées par le lac Texcoco, et des décharges d'ordures sur la frange septentrionale de Netzahualcóyotl engendrent une pollution de l'air propagée par les vents dominants nord-est/sud-ouest. Les pentes des volcans restent au domaine forestier.

La Paz connaît depuis 1950, mais surtout au cours des années 60, une forte augmentation de population, puisqu'elle est passée de 4.500 à 104.000 habitants, avec des taux de croissance moyens annuels de : 6,4%, 14,5% et 10,6% respectivement pour les trois décennies. La croissance migratoire constitue l'élément déterminant de la croissance des vingt dernières années.

La proportion des personnes de plus de 65 ans a été divisée par deux (1,8% en 1980), celle des 15-64 ans a diminué jusqu'en 1970 ; celle des moins de 15 ans a augmenté en proportion jusqu'à cette date.

En 1980, 14 km<sup>2</sup> étaient urbanisés, soit 40% de la superficie du municipe ; en 1988, l'urbanisation aurait gagné 10 km<sup>2</sup> supplémentaires (sources : 1980 : C. Nuñez, 1988, p.342 ; 1988 : Gobierno del Estado de México, 1989, p.9). Des terres agricoles résistent encore à l'urbanisation, en particulier un peu au large des axes de communication vers Texcoco et Puebla. Toutefois, l'attrait exercé sur ces terres par une situation géographique de carrefour à l'entrée de l'agglomération<sup>1</sup>, tend à les faire disparaître, en faveur, notamment, de nouveaux quartiers industriels.

L'occupation du sol se caractérise ici par une forte proportion de la surface abandonnée à la friche (24%), et par l'espace consacré aux activités industrielles : 18%. Un tiers seulement de la

---

<sup>1</sup> Le triangle de la Caldera formé par les routes fédérales de Texcoco et de Puebla, fermé par le Canal de la Compañía à l'est.

surperficie urbanisée est occupé par des quartiers résidentiels (d'après C. Núñez et al.,1988).

Ces quartiers se signalent, également, par la forte part de l'habitat populaire et précaire (près de 40% dans les deux cas), l'habitat de niveau moyen-haut et aisé étant inexistant. La population se trouve concentrée surtout dans le nord-ouest du municipe (densité : 15.000 hab./km<sup>2</sup>), et dans une moindre mesure dans le nord-est (8.100 hab./km<sup>2</sup>), c'est-à-dire dans les quartiers situés plus près du centre et le long de la voie d'accès par Texcoco où prédominent les logements de niveau moyen.

Le sud-est est caractérisé par sa faible densité et l'existence de constructions précaires ; les quartiers sud, dans leur ensemble, sont les plus mal desservis par les services de base : drainage et adduction d'eau, couvrant pour le municipe respectivement 56 et 70% des besoins de la population.

Les colonies du nord de La Paz sont, par ailleurs, les mieux équipées en infrastructures urbaines dans cette région de la banlieue où seulement 11% des routes sont goudronnées.

Les équipements, l'état des logements et l'occupation du sol de ces quartiers correspondent à une organisation spatiale que l'on peut préciser par secteur :

- au nord-ouest, la colonie *Los Reyes* correspond à la prolongation des structures de Nezahualcóyotl dont nous avons vu ci-dessus l'organisation ; on retrouve donc le tracé réticulaire des rues, de même orientation, mais avec des manzanas de taille différente : moins longues et plus larges. L'avenue de Los Reyes, tirée en ligne droite à 45° par rapport aux mailles de la voirie, matérialise la limite entre les deux municipes. Nous avons vu que ces quartiers correspondent à des zones d'habitation moyen et bas, avec une forte densité de bâti, mais une assez bonne dotation en infrastructures urbaines. La densité des structures traduit bien ici la densité urbaine.

- au sud de *Los Reyes*, de part et d'autre de la route fédérale, l'organisation de l'espace contraste avec la précédente par des rues plus courtes et espacées, rectilignes mais d'orientation variable, qui découpent des pâtés de maison, de vaste surface et de formes irrégulières. Ce



quartier, de densité moyenne (environ 7.000 hab./km<sup>2</sup>), correspond à une zone industrielle existante ou en projet. Plus au sud encore, coincée entre le volcan de la Caldera et la limite avec Iztapalapa, la colonie *Emiliano Zapata* marque, quant à elle, la prolongation des structures de cette délégation rencontrée sur les pentes septentrionales de la sierra Santa Catarina (voir ci-dessus § 3 : *Iztapalapa*). Les logements de ce quartier sont de niveau bas et manquent d'équipements.

- quelques quartiers peuplent seulement le nord-est dont le sol est encore largement consacré à l'exploitation agricole. Plusieurs sous-structures urbaines se différencient nettement dans cette partie du municipe :

- le quartier Magdalena Actipac, à structure réticulaire comparable à celle de Nezahualcóyotl et de *Los Reyes*, mais orientée différemment. De petite surface, il se caractérise également par un nombre important de lots et même par des manzanas non-bâties au début des années 80.

- à l'extérieur de l'agglomération, les structures qui correspondent plutôt à celles de localités rurales : petites concentrations au bord d'une route, qui se dispersent le long de voies transversales, et dont la trame urbaine est trouée de parcelles non bâties.

- plus ponctuellement, de nombreux points de *mitage*, lotissements isolés composés d'une dizaine de maisons, piquent l'espace rural selon une distribution spatiale souvent en relation avec des routes ou des chemins. On remarque que ces lotissements sont de forme rectangulaire et que leurs limites sont alignées sur celles des champs environnants.

- enfin, la continuité de la zone industrielle que nous avons déjà signalée le long de la route de Texcoco, avec son cortège de maisons individuelles regroupées en petits hameaux plus ou moins densément construits, le plus souvent sans organisation géométrique.

- la partie montagneuse de l'est, zone en partie protégée de l'urbanisation avec son statut de parc régional, a vu se construire sur ses pentes ouest la colonie *Ejidal el Pino*. Taillée dans la forêt éparsée, la colonie se caractérise par sa forme en triangle équilatéral parcouru d'un réseau géométrique de rues parallèles, de chemins plutôt, transversales à la pente que trois rues seulement descendent en ligne droite. L'abondance des terrains vagues et la faible densité des constructions caractérisent encore ce quartier isolé. Hormis cette colonie, on n'observe qu'un rare bâti vers le sud, jusqu'à Chalco.

## 5. Ixtapaluca

Seule, la partie nord-ouest de ce municpe est concernée par l'urbanisation directe issue de l'agglomération ; cette région correspond aux pentes méridionales peu accentuées des trois cerros : El Pino, Tejolote Grande et Tejolote Chico, à la végétation arbustive dispersée. Le cerro El Elefante constitue un relief de section ovale nettement individualisé au sud du précédent.

La population d'Ixtapaluca reste modeste, malgré des valeurs d'indicateurs qui prouvent son accroissement : 11.500 habitants en 1950, 81.000 en 1980, 166.000 en 1989. Ce doublement au cours des années 80, correspond à la croissance de La Paz. Il est toutefois intéressant de constater que le taux moyen annuel de croissance de ce municpe a baissé au cours de la décennie 60, alors que l'ensemble des entités administratives constituant la zone métropolitaine ont vu une augmentation de leurs taux :

taux moyen annuel de croissance d'Ixtapaluca (en % ; source : Gobierno del Estado de México, 1989, p.14) :

1950-60 : 6,61 ;	1970-80 : 7,44 ;
1960-70 : 6,15 ;	1980-88 : 8,3 ;

A partir de 1970, la proportion de la croissance démographique due à l'apport migratoire augmente et atteint près des deux tiers en 1980.

L'urbanisation ne touche qu'une faible proportion de la superficie totale : 20 km<sup>2</sup> sur 288 en 1988, après avoir brusquement quadruplé en 4 ans (1984 : 5,8 km<sup>2</sup>), alors que la population a seulement doublé au cours des années 80. Les chiffres de densité de population urbaine traduisent cette évolution : 8.200 hab./km<sup>2</sup> en 1976, 13.000 en 1984, et 7.800 en 1988.

De manière contradictoire, l'*Atlas de México* présente la surface urbanisée d'Ixtapaluca comme ayant atteint près de 11 km<sup>2</sup> vers 1982, soit le double de celle avancée par la source précédente

pour 1984. Cette différence est sans doute liée au mode de mesure ou de calcul des surfaces urbanisées.

Selon C. Núñez, l'occupation du sol se répartit de la manière suivante : 60% de la surface à usage résidentiel, 15% à usage industriel et 4% en équipement urbain.

L'urbanisation actuelle du municipe s'appuie sur quatre localités, du nord-ouest au sud-est : Tlalpizáhuac, Ayotla, Tlapacoya et Ixtapaluca. La partie urbanisée linéairement le long de la route fédérale de Mexico-Puebla, est mitoyenne sur plusieurs kilomètres aux établissements spontanés de Chalco, au sud-ouest, et séparée de ceux-ci par la seule limite administrative du canal de la Compañía. La limite nord-est de la zone urbanisée est celle du Parc de Préservation Ecologique qui contourne le relief des trois cerros par le sud. Les nouveaux quartiers ont encerclé le cerro El Elefante, et continuent leur avance vers l'est, de part et d'autre de la route fédérale.

Le long de cette route, plusieurs sites industriels de taille variable se sont développés : Tlalpizáhuac, colonies *E.Zapata*, *Valle Verde*, *Ixtapaluca*, *La Coterá*, cette dernière étant plutôt située sur l'autoroute. Ces sites peuvent abriter des activités d'élevage dont l'ancienneté est confirmée par un certain nombre de lieux-dits qui portent des noms composés à partir du mot *granjas*. Bien que séparés par un espace non-bâti, ces établissements<sup>1</sup> viennent en prolongation de la zone industrielle de la Caldera, formant ainsi, avec la route de Texcoco (voir § *La Paz* et *Chimalhuacán*), un couloir industriel de 15 ou 20 kilomètres de long qui souligne les limites de l'agglomération de Mexico, sur son flanc oriental. Les établissements industriels apparaissent sur les photos aériennes sous forme de rectangles généralement clairs et de taille très supérieure aux maisons individuelles ; certains d'entre eux occupent une surface équivalente à deux manzanas d'un quartier résidentiel. Tous les terrains à usage industriel ne sont pas totalement occupés par des constructions, et de larges surfaces restent parfois disponibles.

Au début des années 80, le municipe regroupe 12.400 logements, 23.000 en 1989, où prédomine la maison individuelle. Au contraire de Chalco, une majorité d'habitations (58%)

---

<sup>1</sup> ...qui peuvent abriter des activités d'élevage dont l'ancienneté est confirmée par un certain nombre de lieux-dits qui portent des noms composés à partir du mot *granjas*.

possède une toiture en matériau durable. C. Núñez distingue quatre catégories de logements :

1) les habitations précaires se localisent dans le quartier Hornos Santa Bárbara, mitoyen à la colonie *Independencia* de Chalco. Leur densité diminue vers le sud, pour devenir pratiquement nulle au pied du versant ouest de El Elefante, dépourvu de voirie et donc sans manzana clairement tracée sur photo aérienne ;

2) la moitié des logements sont de niveau bas, construits en briques ou en parpaings, mais couverts de toits provisoires en tôle de fibro-ciment, disposant souvent d'un certain niveau d'équipement : eau courante, électricité... Ils se localisent surtout à *Tlapizáhuac*, avec une assez forte densité (supérieure à 17.500 hab./km<sup>2</sup>), comme le confirme l'analyse des photos aériennes ;

3) les logements des strates moyennes représentent un tiers des habitations ; ils se caractérisent par l'achèvement du gros oeuvre en matériaux durables, notamment le toit, constitué d'une dalle de béton. Les quartiers *Ayotla*, *Tlapacoya* et *Ixtapaluca*, de densité moyenne comprise entre 12.000 et 17.000 hab./km<sup>2</sup>, disposent d'équipements publics complets, en particulier : drainage et éclairage urbain.

4) les résidences de luxe se caractérisent par la qualité de leurs matériaux et de leurs équipements ; leur extension se limite à un seul quartier : *Acoyac*, sur les hauteurs de l'agglomération.

Si l'on compare l'organisation spatiale de ces quartiers avec celle, très régulière et à vaste échelle, de *Nezahualcóyotl* ou de *Chalco*, *Ixtapaluca* apparaît moins nettement structurée. En effet, seule la route fédérale intervient comme axe de structuration régionale, à l'échelle du municipe, facteur de localisation des industries, nous l'avons vu, mais aussi des quartiers résidentiels qui se distribuent au long de cette artère. Du reste, la faible surface urbanisée et le nombre restreint d'habitants ne justifient sans doute pas, ou ne provoque pas, une organisation plus forte.

La régularité de la structure apparaît plutôt à l'échelle du quartier ou de la colonie, où l'on retrouve le découpage habituel des terrains à bâtir : en manzanas, puis en lots. Ces agencements se trouvent plutôt sur les terres plates, au sud-ouest et sud de la route fédérale : *Tlapizáhuac*, *E. Zapata*, *Tlalpacoya*... Au nord, la pente et les vallonnements du relief limitent les quartiers et cloisonnent leurs structures, d'où ressort l'impression générale de composition disparate et sans continuité d'organisations locales.

Les espaces verts couvrent de vastes surfaces occupées par des exploitations agricoles, mais aussi le Parc Ecologique et la zone archéologique de El Elefante au sommet du cerro dont les pentes arborées sont protégées.

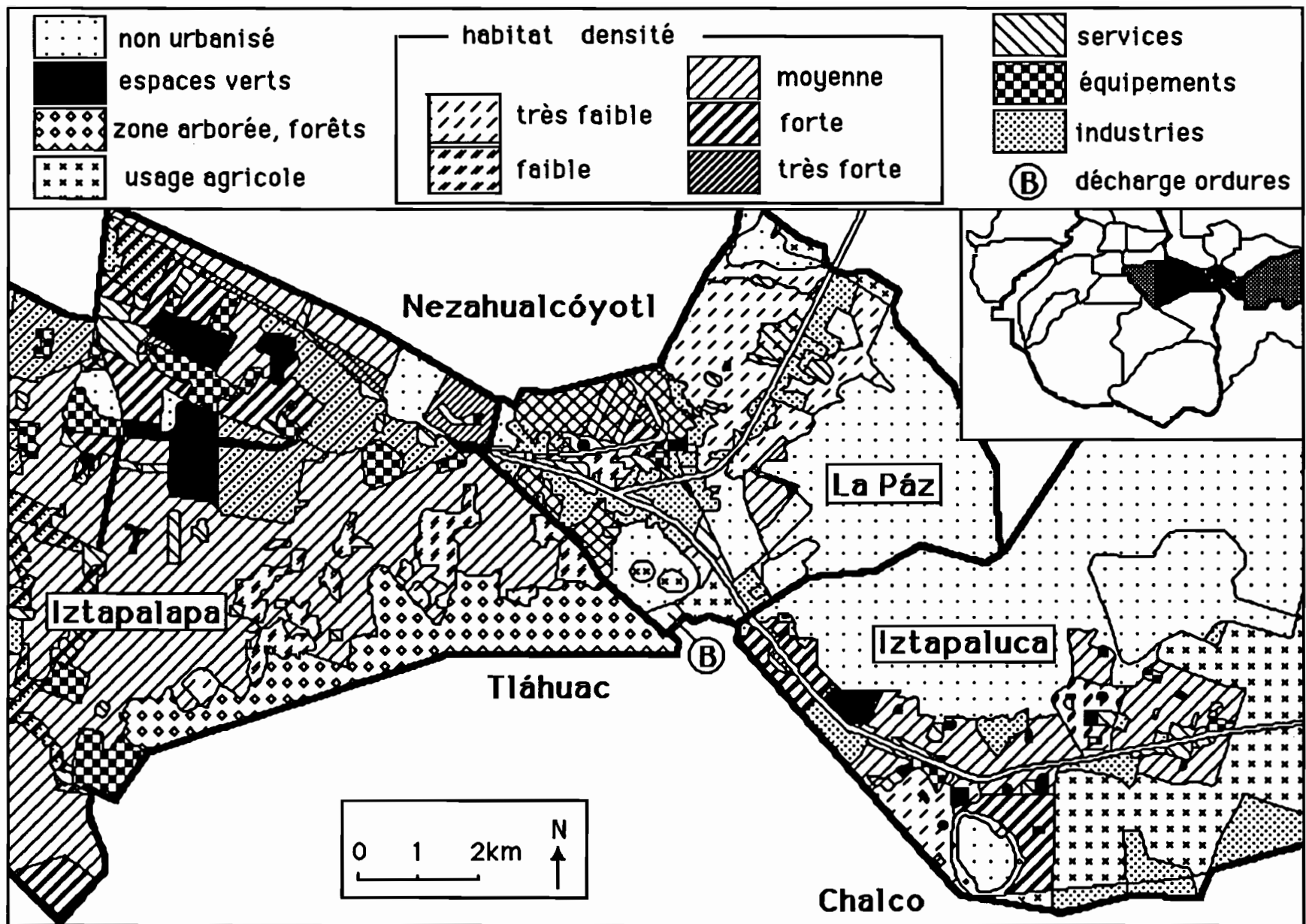


figure 28 : Occupation du sol de la délégation Iztapalapa et des municipes La Paz et Ixtapaluca.

## 6. Alvaro Obregon

Située à l'ouest-sud-ouest de l'agglomération, cette délégation d'A. Obregon s'étend sur 86 km<sup>2</sup>, à cheval à l'est sur les terres plates du bassin et, à l'ouest et sud-ouest, sur le massif montagneux de la sierra.

La construction de l'avenue Insurgentes-sur, dans les années 50, puis celle du Périphérique en 1968 a induit l'urbanisation de cette délégation avec des fractionnements de terre en faveur des classes de niveaux socio-économiques haut et moyen. Celles-ci cherchaient, en effet, à quitter le centre de l'agglomération pour habiter des lieux plus agréables en périphérie de la ville.

Les données démographiques montrent en effet une forte croissance de 1950 à 1970 : de 133.200 habitants à 525.500, puis une progression plus modérée après 1970 : 663.200 habitants en 1980. L'origine de la croissance est due d'abord à l'immigration jusqu'en 1970 (4,6%; taux de croissance naturelle : 3,6%), puis à la croissance naturelle après cette date, puisque le bilan migratoire se révèle négatif en 1980 : -0,9% (Lenz, 1988).

Corrélativement à la phase d'immigration intense et à la baisse de la natalité (43‰, puis 37,5‰), on assiste à un vieillissement de la population dans cette partie de Mexico. La distribution des âges revient peu à peu à celle connue avant 1950.

L'utilisation du sol se caractérise globalement par la prédominance pratiquement exclusive de quartiers résidentiels et d'espaces à usages commerciaux. Plus en détail, on distingue cependant trois zones géographiques : les pentes sableuses de la partie septentrionale de la délégation, les terres d'altitude à l'ouest couvertes de forêts et la zone orientale des "basses" terres.

Seule cette dernière région nous intéresse parce qu'incluse dans notre domaine d'étude.

Cette zone, entièrement urbanisée, correspond à un secteur de résidences individuelles de niveau très élevé, en particulier *San Angel, Jardines del Pedregal, Florida, Guadalupe Inn...* de basse densité de construction, mais avec peu de lots inoccupés. Ces quartiers se caractérisent par la qualité de leurs constructions entourées de jardins entretenus et arborés : constructions anciennes et de style colonial à San Angel, récentes dans *Jardines del Pedregal* et *Florida*.

Plusieurs centres commerciaux et établissements de restauration de luxe et des immeubles de services et de logements ont accompagné le développement de ces quartiers, notamment sur l'avenue Insurgentes, pratiquement jusqu'aux portes du campus universitaire.

Dans cette zone cohabite également une population à revenus plus faibles : la colonie *Loreto*, à l'est de l'avenue Revolución, liée à une activité industrielle, celle déjà ancienne du papier. Plus au nord, de grands ensembles de logements collectifs ont été construits : *Torres de Mixcoac*, *Lomas de Plateros*...

Les quartiers du nord de cette zone sont drainés par d'importants axes de communication : les avenues Universidad, Insurgentes-Sur, Revolución, et le Périphérique, d'orientation nord-sud, et perpendiculairement : Desierto de los Leones, M. A. Quevedo, San Jeronimo et, au sud, la continuation du Périphérique après le "coude" de son tracé, au sud de *Jardines del Pedregal*...

De par sa position topographiquement surélevée et sa disposition en bastion fermé, contournée par le Périphérique avec un seul accès direct, la colonie *Jardines del Pedregal* semble former un quartier un peu coupé du réseau sud-ouest de l'agglomération. Le réseau secondaire est peu dense, découpant ainsi des manzanas de grande taille, et la parenté avec l'habituelle trame orthogonale demeure ici lointaine ; pour traverser le quartier, il n'existe que deux avenues guère rectilignes : le boulevard de la Luz et Paseo del Pedregal.

Outre les jardins privés, cette partie de la délégation dispose de peu d'espaces verts publics : sur Insurgentes, l'intersection où se dresse la statue de Alvaro Obregon, et quelques petites places dans le vieux San Angel, espaces verts parfois liés à un établissement religieux (San Jacinto). *Jardines del Pedregal* offre l'accès à un jardin public situé dans le centre du quartier, ainsi que de larges terre-pleins centraux arborés, le long de chacun des deux axes mentionnés ci-dessus.

Nous verrons que l'analyse des données satellitaires mettront en évidence de manière très nette ces quartiers-jardins, étant donné la profusion de la végétation facilement repérable sur les images.

Entre les délégations de A. Obregon et de Xochimilco, se situe celle de Tlalpan.

## 7. Tlalpan

Comme la délégation d'A. Obregon, Tlalpan inscrit, à l'intérieur de ses limites, les terres plates du bassin et les versants de la montagne de l'Ajusco. La délégation comprend donc un domaine complètement urbanisé au nord, des territoires ruraux, voire montagnards, au sud, caractérisés par leurs terres agricoles, mais surtout ses forêts de conifères d'où s'élèvent des cônes volcaniques, et mitées de quelques *poblados*\* : San Miguel Ajusco, San Miguel Xicalco, San Miguel Topilejo...

Entre ces deux mondes au contraste d'autant plus violent qu'ils se succèdent parfois l'un à l'autre sur quelques mètres seulement, s'étire une zone-tampon d'orientation est-ouest mais de contour sinueux. Cet interface, aux paysages, aux systèmes écologiques, aux modes d'occupation du sol intermédiaires et transitoires, associe aux caractères incomplets de la ville ceux dégradés du monde rural. Ces caractères en évolution sont marqués par une lente minéralisation de ces espaces due au recul de la végétation et à la multiplication des constructions..

Entre 1950 et 1980, la population est passée de 35.000 à 385.000 personnes, avec une croissance particulièrement élevée dans les dix dernières années : +145%, ce qui représente la plus forte croissance du District Fédéral avec un taux de croissance moyen annuel de 9,4%. La principale composante de cet accroissement de population demeure l'immigration dont le taux augmente, tandis que la croissance naturelle reste à peu près constante. Cette stabilité toutefois ne doit pas cacher la baisse de la natalité (de 43 à 36 pour 1.000), compensée par la baisse de la mortalité (11 à 6 pour 1.000).

La surface urbanisée s'étend, au début des années 80, à 42km<sup>2</sup> (plus probablement : 51km<sup>2</sup>) soit 14% de la surface totale de la délégation.

Cette partie de la ville se caractérise par la présence d'importants centres de services, non point de l'administration publique, mais plutôt du secteur hospitalier : Medica-Sur, *zona Hospitalares*, les Instituts de cardiologie, neurologie... d'influence nationale, ainsi que des services éducatifs



et culturels : *El Colegio de México*, l'Ecole Nationale d'Anthropologie et d'Histoire, l'Ecole de Génie Civil, le Collège Militaire, et de commerces sur l'avenue Insurgentes : surtout dépôts et centres de distribution pour l'ensemble de la ville<sup>1</sup>.

La surface urbanisée occupée par les habitations dépasse 20km<sup>2</sup> avec une forte densité de population puisque la plus grande partie des habitants de la délégation occupe 7% de la surface totale. On y relève un taux d'occupation des chambres à coucher comparable à celui des délégations du Centre : 2,5 personnes/chambre.

Il existe des quartiers résidentiels pour familles à revenu moyen et haut, mais les plus vastes correspondent à des quartiers pauvres à fortes densités, résultat d'invasions de terres, en particulier agricoles, dont la consolidation reste nettement inférieure à l'ensemble du District Fédéral : en 1980, 20% des habitations sont pourvues de toits de carton (2 fois supérieure à la moyenne du D.F.). Une dizaine d'années plus tard, certains quartiers comme Padierna, *El Convento*, comptent désormais une majorité de constructions avec toits en dur ou en fibrociment. On assiste également au remplissage des espaces laissés libres par des campements dont les *colonos* réclament la légalisation (colonie *Los Hornos*).

Tlalpan est traversée par de grands axes :

- du nord au sud, par l'avenue Insurgentes qui se prolonge par la vieille route et l'autoroute de Cuernavaca, la calzada et le viaducto Tlalpan, Canal de Miramontes (*eje 2 ouest*), la route Picacho-Ajusco, prolongation du Paseo del Pedregal... qui relie les limites et l'extérieur de l'agglomération aux délégations du Centre ;
- d'est en ouest : le Périphérique, les calzadas Acoxta et Del Hueso, au nord-est...

Plusieurs sous-régions, caractérisées par des structures urbaines différentes, se détachent dans cette partie de la périphérie :

- à l'ouest, le vaste quartier de Padierna qui regroupe plusieurs colonies de structure identique : *Ejidal del Pedregal, Ejidal de Padierna, Cuchilla de Padierna...* apparues dans les années 70, lancées à l'assaut des hauteurs de l'Ajusco. L'organisation spatiale mérite quelques remarques.

---

<sup>1</sup> Le campus universitaire de l'UNAM (300.000 étudiants) et le grand centre commercial de luxe *Peri-Sur* se trouvent également à proximité: de l'autre côté du périphérique, mais dans la délégation de Coyoacán.

Une trame de voirie stricte découpe orthogonalement cet espace résidentiel assez densément peuplé (20.000 hab./km<sup>2</sup>). La pente basaltique augmente vers le sud, et le tracé des rues nord-sud continue dans le rocher et la végétation, seulement matérialisé par l'alignement du bâti ; de par les difficultés du terrain et la déclivité de la pente, la partie sud de Padierna n'est praticable qu'à pied. De larges avenues hiérarchisent le réseau (av. Pedro Mendoza et Tixkokob), caractérisées par leur largeur (80 m) et l'état naturel du terrain qu'elles franchissent<sup>1</sup>. La plupart des lots sont construits dans la partie septentrionale, et en voie de consolidation. Vers le sud, le bâti est plus dispersé, la fréquence des chantiers et de l'association bâti durable/bâti précaire est plus forte.

- Padierna est relié au centre urbain de la délégation par un corridor urbain qui sépare le Parc National du Pedregal et la zone écologique protégée de l'Ajusco. Ce couloir assez densément bâti est constitué d'une suite de micro-quartiers à organisation locale réticulaire ;
- le centre de la délégation a gardé les marques de la prospérité coloniale : édifices publics, manzanas de grande taille, de forme presque carrée, qui regroupent de vieilles propriétés aux arbres séculaires... Les rues rectilignes sont courtes et étroites ;
- autour de ce vieux centre, se sont développés des quartiers qui conurbanisent des villages à vocation ancienne plus rurale que Tlalpan (San Pedro Martir, San Andres Totoltepec...). Ces quartiers récents sont généralement de petite surface et individualisables par leur organisation spatiale propre : Isidro Fabela, Pedregal de las Aguilas, Chimalcoyotl... Ces quartiers résidentiels récents très structurés se sont développés entre les zones industrielles et de services situées sur les axes routiers : l'intersection du Périphérique avec Viaducto Tlalpan et calzada de Tlalpan, et sur l'avenue Insurgentes (voir plus haut) ;
- au nord-est de la délégation : le quartier récent de Villa Coapa ne montre pas de géométrie générale dans l'organisation de son espace. L'organisation est très locale, comme en témoigne le nombre important de culs-de-sac ou de rues de contour. Les colonies s'agencent ici de manière fantaisiste, en fonction des axes de communication principaux : Viaducto Tlalpan, calzadas Mexico-Xochimilco, Acoxa, del Hueso, Canal de Miramontes, etc... A l'intersection de Miramontes et de la calzada del Hueso, un vaste complexe s'est développé avec plusieurs centres commerciaux, galeries marchandes et établissements de restauration... entourés de leurs aires de stationnement, tandis que l'on compte un certain nombre de centres de services importants.

---

<sup>1</sup> A l'intérieur de ces trouées, un étroit passage épisodiquement goudronné serpente entre les rochers (état observé à la fin des années 80).

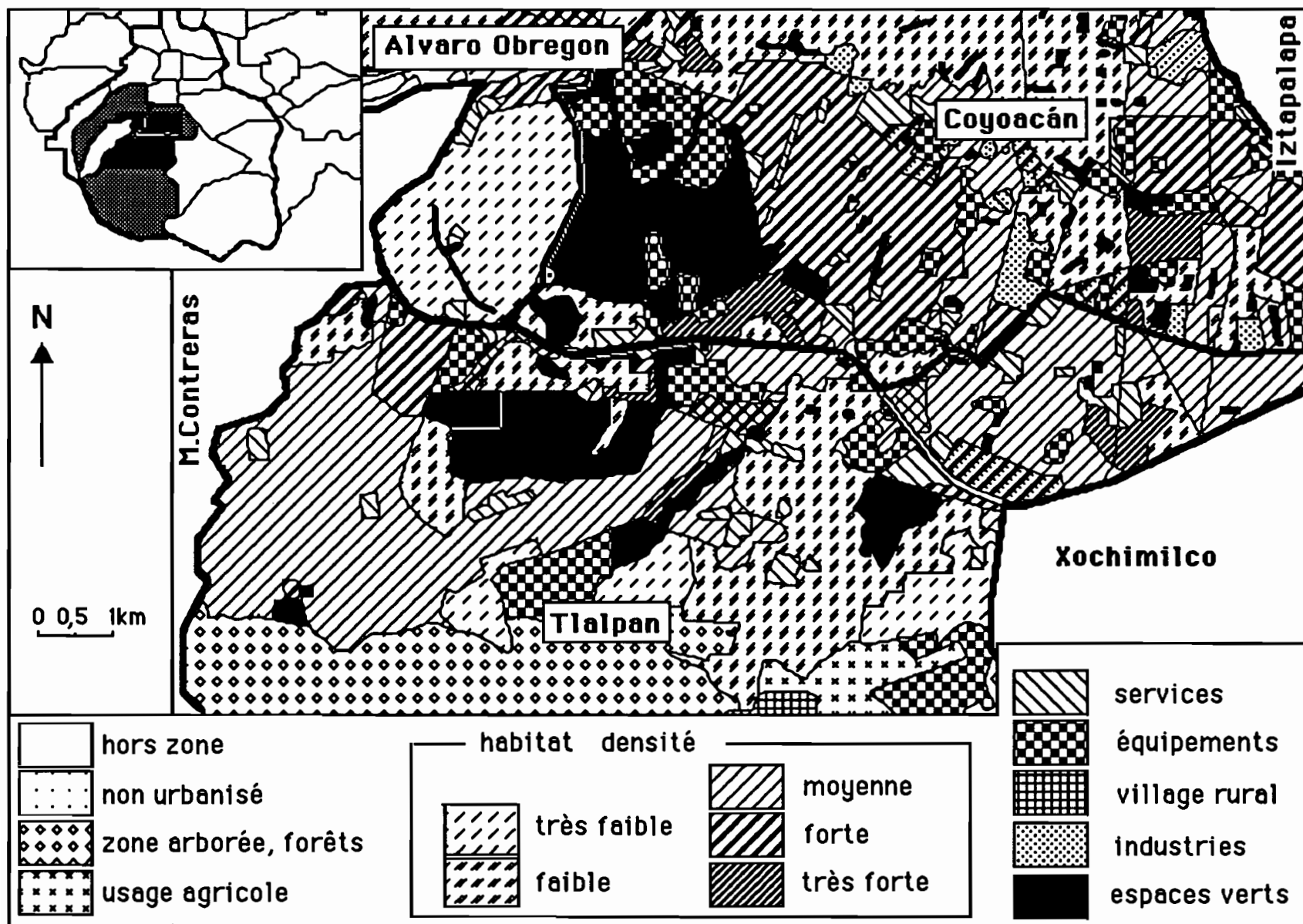


figure 29 : Occupation du sol des délégations A. Obregon et Tlalpan.

Comme nous l'avons vu pour les espaces verts (chapitre 3, § 1.3), Tlalpan appartient à la zone sud-sud-est qui se caractérise par une densité d'espaces verts assez faible dans le secteur urbanisé (moyenne = 2,8 m<sup>2</sup>/hab.). Tlalpan en est plus largement pourvu avec 8,4 m<sup>2</sup>/hab., surface surtout constituée par les parcs et les jardins. La délégation conserve plusieurs espaces verts de vastes dimensions : le parc national du Pedregal, le Club de Golf de Mexico<sup>1</sup>, le centre archéologique de Cuicuilco, une douzaine de jardins publics dans le sud-est.

Vers l'est, l'agglomération s'est étendue jusqu'aux délégations de Xochimilco et Tláhuac et, dans les années 80, au municipe de Chalco.

## 8. Xochimilco

Adossé à la montagne de l'Ajusco, Xochimilco a conquis ses terres cultivables sur le milieu lacustre peu profond à l'aide d'une technique agricole bien particulière : les *chinampas*<sup>2</sup>. Le domaine des chinampas s'étendait sur 200 km<sup>2</sup>, de Tepepan à l'ouest, à Tláhuac à l'est. Il n'en subsiste plus aujourd'hui qu'à peine 8 km<sup>2</sup>, menacés par l'urbanisation et le manque d'entretien, bien que classés site touristique.

La population a atteint 226.000 habitants en 1980, c'est-à-dire qu'elle a été multipliée par 4,5 en 30 ans. Au cours de ces trois décennies, les taux de croissance moyens annuels ont eux-mêmes augmenté : 4,1%, 5,3% et 6,1%, croissance qui reste globalement inférieure à celle du District Fédéral.

La croissance par immigration ne devient sensible qu'à partir de 1970 (3,2% en 1980), d'autant que l'on observe une baisse de la natalité (45 à 36 pour 1.000).

---

<sup>1</sup> désigné comme *équipement sportif* dans le Plan d'occupation du sol.

<sup>2</sup> Celles-ci étaient construites à partir d'un réhaussement aménagé au fond du lac, et de végétaux à l'origine flottants (*césped* ou *atlapalcatl*), mais que l'on chargeait de boue. Des arbres, *ahuejotes*, étaient plantés sur les côtés de la chinampa pour maintenir la terre. Rectangulaires, elles étaient de taille variable et pouvaient atteindre 200 m de long pour 10 m de large. Chacune d'elles étaient isolées des autres par un canal qui maintenait l'irrigation et permettait l'accès. Elles étaient groupées, et séparées des autres groupes par des canaux plus larges, l'ensemble formant un réseau hiérarchisé et complexe, à l'instar des quartiers d'une ville. Chaque famille exploitait la haute productivité de sa chinampa (Aguilar, 1982).

La structure urbaine générale de Xochimilco présente un centre développé à partir du village ancien en contact direct avec la zone des chinampas, au nord, dont certains canaux se prolongent jusque dans la partie urbanisée : canal de Santa Cruz, d'Acalote, de Collongo... et canaux de liaison.

D'autres villages : Tepepan à l'ouest, Santa María Nativitas au sud, Santa Cruz Acalpixca au sud-est, ont gardé leurs caractères anciens. La construction de nouvelles voies de communication comme le Périphérique, la prolongation de División del Norte, la route de Xochimilco-Tulyehualco... a favorisé la conurbanisation de ces petits centres en même temps que la création de nouvelles colonies : *Bosque Residencial del Sur*, *Misiones de la Noria*, *Rinconada del FOVISSSTE*...

A l'est, d'autres villages ou quartiers comme San Gregorio Atlapulco, San Luís Tlaxialtemalco... jalonnent à intervalles réguliers les routes de Mexico-Tulyehualco qui contournent la Sierra de l'Ajusco. Ces localités se sont peu à peu conurbanisées et constituent un *couloir urbain* (Rodriguez, 1988) orienté est-ouest, coincé entre la zone lacustre au nord et les pentes de l'Ajusco-Chichinautzin au sud. Cette bande de terre d'au maximum un kilomètre de large n'offre, le plus souvent, qu'un replat de quelques centaines de mètres de profondeur matériellement urbanisable.

Des 127 km<sup>2</sup> de surface totale de la délégation, 12 km<sup>2</sup> sont inondés, et près de 80 km<sup>2</sup> sont occupés par des terrains agricoles ou des forêts. Les 35% restants sont urbanisés, essentiellement constitués par des quartiers résidentiels avec une densité globale de 21.500 hab./km<sup>2</sup>. Seuls, 5% de la surface urbanisée sont utilisés à des fins industrielles, 1% à usage commercial et de services, et 9% sont constitués par des espaces verts.

Hormis les centres initiaux, une importante proportion du sol urbain (18% en 1980) reste sans utilisation, et en 1990 encore, l'espace des quartiers récents est ponctué de terrains vagues, ou de lots en construction.

L'habitat est constitué dans sa majorité de maisons individuelles à un seul niveau (39.100 logements individuels ; INEGI, 1984, tableau 2.1.7), avec une assez forte proportion, près de

70%, de constructions en dur. On note un bâti précaire le long du couloir urbain, mais généralement vite remplacé par des éléments plus durables.

Des habitations collectives plus récentes ont été construites non loin de la zone des chinampas, tandis que se sont également développés, le long des grands axes, des *conjuntos habitacionales*, maisons individuelles généralement à deux niveaux, groupées autour d'une allée privée.

Les activités de services sont associées aux espaces résidentiels à fortes densités ; elles suivent l'axe formé par la calzada G. Ramirez, et celui formé par la route le long du couloir urbain, vers Tulyehualco. On remarque une autre zone de services dans le triangle compris entre la prolongation Acueducto et la route de Santiago Tepalcatlapan, vers le sud.

L'enquête de terrain et l'analyse des images SPOT permettra de retrouver cette diversité de caractères d'occupation du sol, où s'associent des formes d'urbanisation contrastées sur un espace assez restreint : bâti individuel, collectif, utilitaire, végétation...

L'ensemble des quartiers est raccordé à la distribution d'eau et au réseau électrique, mais 60% de la population n'est pas équipé pour l'évacuation des eaux. En 1990, d'importants travaux commençaient à cette fin.

Les voies de communication les plus importantes, División del Norte, calzada Guadalupe Ramirez, traversent Xochimilco de sud-est en nord-ouest, depuis l'anneau périphérique vers Tulyehualco.

Le réseau secondaire ne présente d'organisation régulière que localement. A part les quartiers *Bosque Residencial del Sur*, *Rinconada del Sur*, *Santiago Tepalcatlapan*, les unités urbaines (colonies, par exemple), susceptibles de présenter une géométrie, sont de petite taille et constituées d'un ensemble de rues d'orientation, de longueur et de tracé inégaux, sans structure rationalisée. Des éléments de voirie parallèles forment parfois des micro-organisations qui restent indépendantes des structures voisines. Aussi, l'ensemble forme-t-il plutôt une mosaïque de structures.

Les manzanas sont généralement, mais moins systématiquement, rectangulaires, et se caractérisent par la variété de leur taille. Seul, le vieux Xochimilco apparaît avec une certaine

unité, de par l'étroitesse des rues et la taille plus régulière de ses manzanas, dont le paysage arboré n'est pas sans rappeler le centre de Tlalpan décrit ci-dessus. Au coeur de ce quartier ancien, se fauillent encore quelques canaux.

On notera également que les quartiers récents sont séparés par de vastes espaces non construits qui n'ont pas toujours une affectation précise.

## 9. Tláhuac

Les terres plates et en partie inondables de Tláhuac s'étendent entre deux chaînes volcaniques, celle de Santa Catarina, au nord, et d'Ajusco-Teuhtli, au sud. La surface urbanisée n'excède pas 28% des 91 km<sup>2</sup> de la superficie totale, soit proportionnellement deux fois plus que Tlalpan, avec quatre villages anciens dont un seul est relié à l'agglomération par la continuité du bâti. Hormis les pentes des volcans sur lesquelles survivent quelques arbres, les terres non-urbanisées sont à usage agricole, marécageuses à l'est, le long d'une bande de terre qui sépare les quartiers de Tláhuac du municipe de Chalco.

Un ensemble important de canaux drainent ces terres orientales ; ce réseau, interconnecté avec ceux de Chalco et de Xochimilco, se caractérise par son organisation régulière en trame rectangulaire : les canaux principaux parallèles et perpendiculaires découpent l'espace en rectangles eux-mêmes drainés parfois par des canaux plus petits.

Le taux de croissance démographique augmente depuis 1950 (8,5% en 1980) et le volume de population de la délégation est passé de 20.700 à 153.000 habitants, entre 1950 et 1980 (Ibarra, 1988), d'où l'on calcule une densité de près de 1.700 hab/km<sup>2</sup>. Au cours de cette période, on observe une baisse de la croissance moyenne annuelle naturelle (3,4% et 3,0%), tandis que la croissance migratoire a augmenté de 0,9% à 5,6%.

Les taux de natalité et de mortalité décroissent depuis 1970, et la proportion de moins de 14 ans et de plus de 65 ans diminue.

Les trois quarts de la surface de la délégation sont non urbanisés et consacrés à des activités agricoles.

La surface urbanisée (25 km<sup>2</sup>) porte en général les caractères des limites d'agglomération : relâchement du tissu urbain avec un grand nombre de terrains vagues qui totalisent 3,5 km<sup>2</sup> à l'intérieur du périmètre urbanisé.

Les quartiers d'habitation occupent près des trois quarts de la surface urbanisée. Par ailleurs, on observe deux quartiers industriels associés à des activités commerciales et de services, déployés sur 11,7% de la surface bâtie :

- le long de l'axe Mexico-Tulyehualco ;
- dans le nord-est, à la confluence de la voie ferroviaire Mexico-Veracruz et de l'autoroute Mexico-Puebla.

Certaines de ces entreprises créatrices d'emplois ont induit de récents quartiers résidentiels (*Santa Catarina*), tandis que les centres des villages anciens conservent leur urbanisme et leur architecture : Míxquic, Santa Catalina Yecahuizotl.

En 1980, on comptait que 147.000 habitants occupaient un peu plus de 24.000 logements, avec un taux de 6 personnes par logement et près de 3 par chambre (moyenne du District Fédéral : 5 et 2,6). V. Ibarra explique ces forts taux d'occupation par l'origine socio-économique des habitants, mais aussi par le retard dans la légalisation des propriétés qui freine l'agrandissement des habitations.

La forme d'habitat la plus courante est individuelle, mais avec l'apparition récente de logements collectifs dans la partie nord-est de l'espace urbanisé.

La délégation de Tláhuac apparaît comme le parent pauvre du District Fédéral quant à la qualité des logements, puisque plus de la moitié d'entre eux (55%) sont considérés en mauvais état, et que seulement 7% sont construits en dur (District Fédéral : 45,6%).

En 1980, des travaux ont été entrepris pour raccorder les quartiers de Tláhuac aux réseaux d'eau courante, de drainage et d'électricité, puisque l'ensemble de ces équipements manquaient sur 30 à 75% de la surface urbanisée.



L'excentricité fonctionnelle de la délégation, par manque de services spécialisés (santé, enseignement...), multiplie les causes de déplacements qui s'effectuent uniquement par voitures, taxis et bus, essentiellement sur trois grands axes souvent embouteillés : l'ancienne et la nouvelle route de Mexico-Tulyehualco et le raccordement à l'autoroute Mexico-Puebla.

Alors que les axes cités ci-dessus ont un tracé moins régulier, Tláhuac présente, dans son ensemble, une structure réticulaire classique dessinée par les rues secondaires. Le quartier septentrional ancien de Santiago Zapotitlan qui s'avance déjà sur les pentes du volcan Xaltepec, abandonne cette organisation pour s'adapter aux conditions topographiques.

Les quartiers sièges d'activités industrielles, en particulier *San Jeronimo*, *Los Olivos*, se signalent par une organisation de la voirie régulière mais moins dense, qui délimite des manzanas plus vastes.

Il est intéressant de remarquer que les terres de l'est, à organisation orthogonale typique, sont fractionnées et loties selon la géométrie et en continuité avec les réseaux de drainage que nous avons décrits ci-dessus. En effet, les limites urbaines très nettes et non moins géométriques épousent les contours des rectangles formés par l'ancien drainage ; par ailleurs, la disposition de certaines formes d'occupation du sol, la prolongation des canaux existants par des rues... montrent que les rectangles sont découpés en sous-rectangles plus petits : les manzanas, tandis que les canaux sont comblés ou couverts, et transformés en voies de communication terrestres. Dans la partie réservée à l'évolution de la ville, nous avons vu que des processus analogues sont observables dans le passé, notamment le comblement de l'ancien réseau des canaux préhispaniques du Centre transformés en rues. Parmi les quartiers récents, on retrouve cette particularité à Chalco.

De Tláhuac, on accède à Chalco par une route étroite, tracée sur une digue qui traverse plusieurs kilomètres de marécages, jusqu'au pied du cerro Xico.

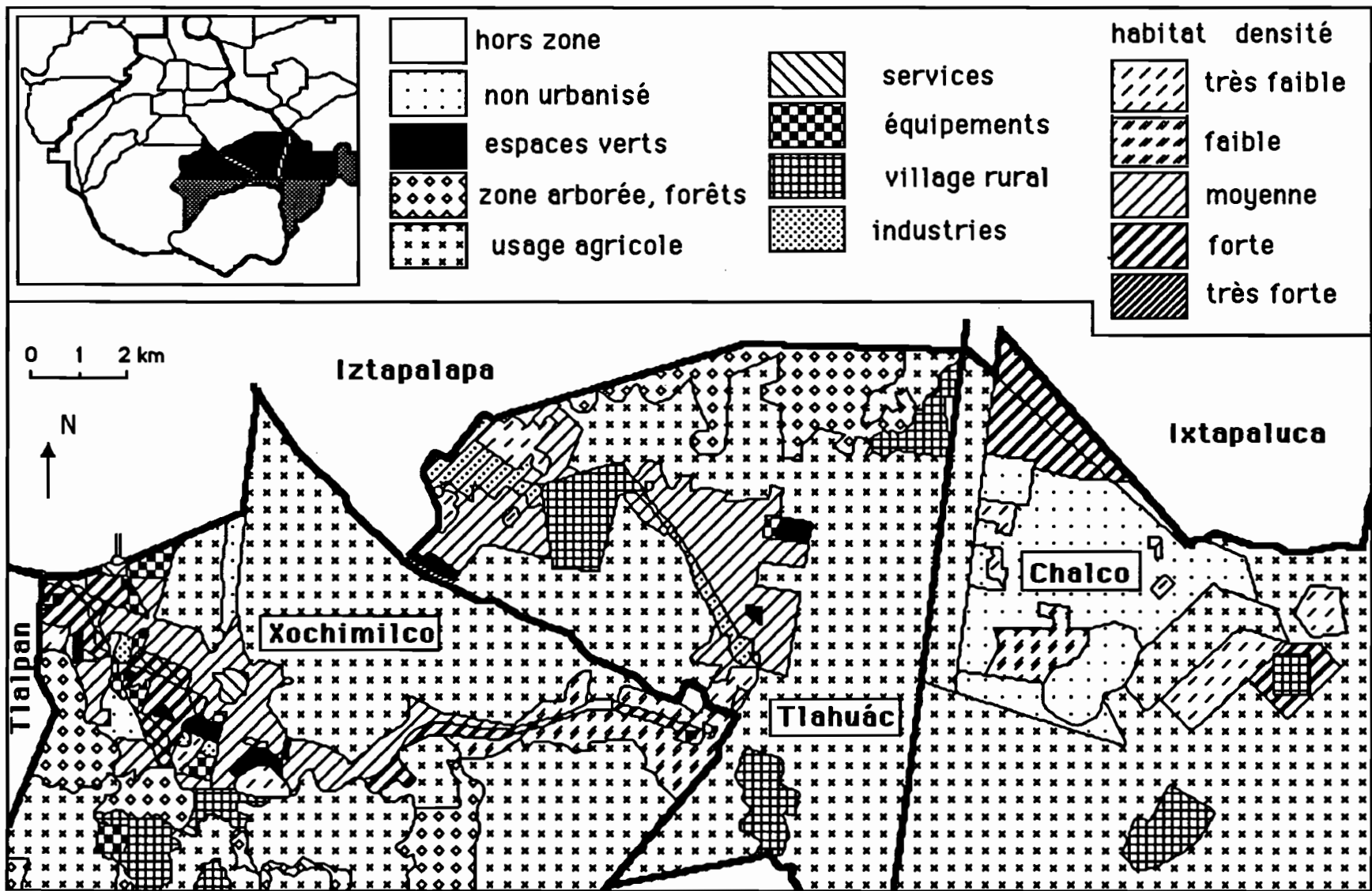


figure 30 : Occupation du sol des délégations de Xochimilco et Tláhuac, et du municpe de Chalco.



Ce quatrième chapitre nous a permis de découvrir, de manière plus détaillée, les différents secteurs du sud-est de l'agglomération. Nous avons pu, en particulier, remarquer les grandes différences de densité et de qualité de l'habitat entre les banlieues, et nous avons confirmé la situation précaire des banlieues est récentes : Chimalhuacán, La Paz, Ixtacalco et une partie de Tláhuac, en relation avec leur fort dynamisme démographique. Nous avons rappelé que les municipes de Nezahulcóyotl et Chimalhuacán sont construits sur des sols salins que l'absence d'humidité, de matières organiques et de végétation rend particulièrement clairs.

Au contraire, dans les régions du sud la qualité du sol, en partie d'origine volcanique, et la présence de l'eau favorisent le développement de la végétation. De telles conditions ont attiré la population des classes sociales plus aisées qui a bâti des quartiers de meilleure qualité et mieux équipés. Tlalpan et Xochimilco se signalent pour la diversité et la concentration des activités économiques propres associées, dans l'occupation du sol, à des colonies résidentielles de niveaux moyen et moyen-haut.

La croissance urbaine des délégations du sud est freinée par la présence des versants de l'Ajusco sur lesquels l'interdiction de construire n'est pas toujours respectée. La conquête de l'est s'appuie au contraire sur deux axes routiers importants : l'autoroute Mexico-Texcoco vers le nord-est, et l'autoroute Mexico-Puebla vers le sud-est.

L'axe Mexico-Puebla a grandement participé au développement de Chalco, vaste banlieue-champignon qui a motivé de nombreuses investigations et que nous avons traité, pour notre part, dans un chapitre particulier.

# Chapitre 5

## Chalco

---

La gravité des difficultés rencontrées par la population de Chalco, a motivé un certain nombre de programmes de recherches récents sur ce cas particulier. Nous en retiendrons deux en particulier : l'une menée par l'Etat de Mexico en 1988-89 en vue de l'élaboration du programme *Solidarité*, l'autre par la convention de UAM-Xochimilco/ORSTOM, entre 1989 et 1990. Ces informations permettent de décrire les conditions démographiques et urbaines dans lesquelles s'effectue la croissance de Chalco, avec une assez grande précision, et surtout de manière synchrone avec notre propre recherche.

Comme nous allons le voir, ce municpe est le théâtre d'une croissance incontrôlée typique des poussées d'urbanisation qui caractérisent certaines régions de la périphérie de Mexico. Ci-après, nous envisagerons plus en détail les mécanismes de l'urbanisation de Chalco et les conditions de vie des habitants. Nous verrons que certaines comparaisons peuvent être établies avec d'autres municipes de la Vallée de Chalco, Chimalhuacán en particulier.

L'examen de ce cas de forte croissance en cours, et non *a posteriori*, nous aidera à préciser, par la suite, en quoi la télédétection peut constituer un apport en géographie urbaine tournée vers une problématique d'expansion spatiale.

## 1. Croissance urbaine dans la Vallée de Chalco

Asséché au fil des siècles, le lac de Chalco a laissé de vastes épandages de poussière sur lesquels des quartiers se sont constitués, tout d'abord avec une croissance comparable aux autres banlieues de l'agglomération (1950 : 23.000 habitants ; 1970 : 44.000). A la fin de cette dernière décennie et au cours des années 80, le volume de population a brusquement augmenté : 81.500 habitants en 1980, 294.000 en 1988, avec une croissance moyenne annuelle de 17%<sup>1</sup>.

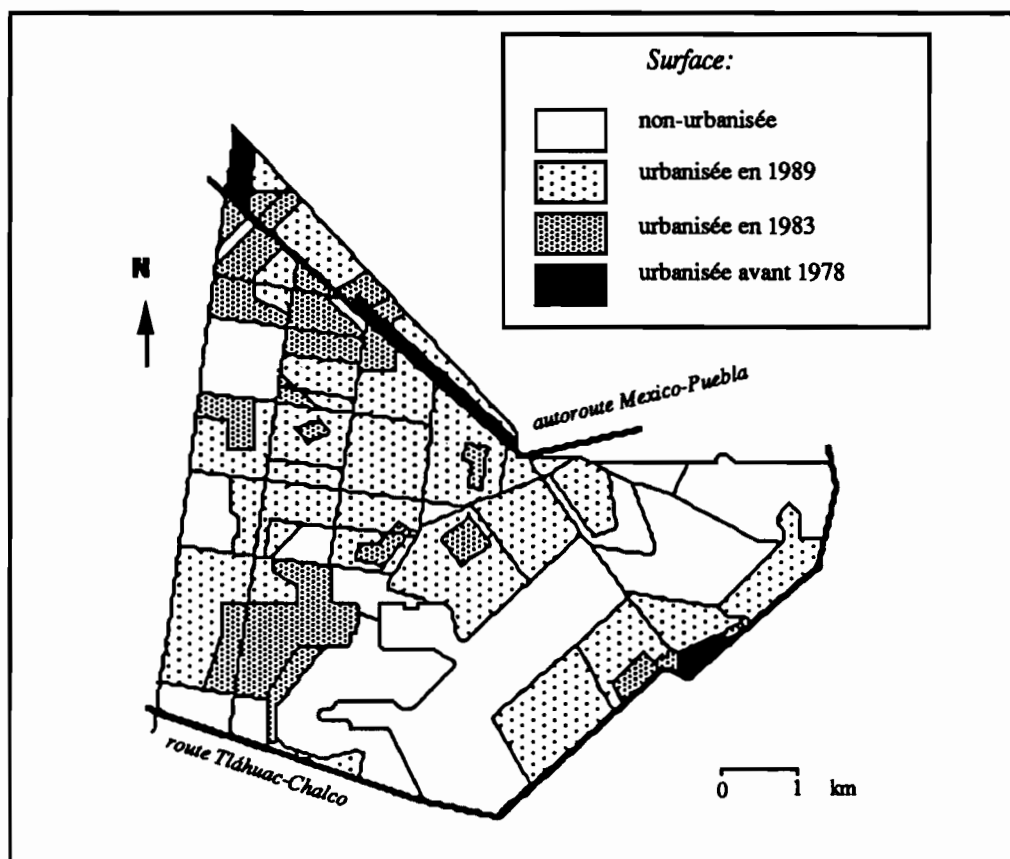


figure 31 : Les étapes de l'urbanisation de Chalco - 1978-1989  
(d'après González Aragón, 1990, p.VIII-18a).

L'année suivante, en 1989, Chalco compte 36.000 âmes supplémentaires (Gobierno del E. de México, 1989, p.13), chiffres comparables à ceux de Chimalhuacán (voir chapitre 4, § 2). A

<sup>1</sup> Croissance moyenne du pays : 2,5%.

cette date, la densité reste encore assez faible : 7.300 habitants/km<sup>2</sup>-urbain (Chimalhuacán : 10.500 hab./km<sup>2</sup>-urbain). En 1990, les enquêtes montrent que les deux tiers des habitants occupent leur logement actuel depuis moins de 6 mois (L'Hommée, 1991, p.4).

Le tremblement de terre de 1985 apparaît comme l'un des facteurs expliquant cette croissance; les promesses tenues du Président Gortari Salinas, sa visite à Chalco, celle du Pape, et la médiatisation consécutive à ces événements, ont accéléré, pour leur part, le processus d'urbanisation de ces quartiers, notamment avec des programmes d'équipement précis (électrification, éclairage publique).

La Vallée de Chalco, qui comprend les secteurs peuplés des municipes de Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ixtapaluca et La Paz, a vu sa population totale augmenter de 290% en 9 ans, pour dépasser 1 million d'habitants en 1989. La superficie urbanisée est passée de 24 à 115 km<sup>2</sup> entre 1976 et 1988 (Chalco : 40 km<sup>2</sup>).

Il est intéressant de remarquer que la densité de la Vallée de Chalco est passée par un maximum en 1984 (9.200 hab./km<sup>2</sup>), lors d'une phase de densification de l'espace habité, alors qu'elle était de 8.700 en 1976 et qu'elle est redescendue à 8.200 en 1988 lors une période de croissance spatiale. Cette évolution correspond au mécanisme de croissance avec oscillations des densités de population, décrit à l'échelle de l'agglomération par J. Delgado (voir chapitre 2).

Les écarts de date entre les mesures prises en référence par cet auteur (1970 et 1987) et celles effectuées pour la Vallée de Chalco (1976, 1984 et 1988) ne permettent pas de comparer les phases des cycles expansion/densification de l'agglomération et de la Vallée, ni de vérifier leur éventuelle synchronisation.

En effet, une telle synchronisation n'apparaît pas évidente : tous les secteurs des banlieues ne suivent pas les mêmes phases du cycle aux mêmes moments. Le tableau 7 ci-dessous montre que les municipes de la Vallée ne sont pas synchronisés entre eux : les densités de Chalco sont en croissance depuis 1976, alors que celles de La Paz ont diminué au cours des trois dates d'observation :

tableau 7 : Volumes de population (en milliers d'habitants) et densités (en hab./km<sup>2</sup>-urbain) des municipes de la Vallée de Chalco (1976, 1984, 1988).

municipes	1976		1984		1988	
	population	densité	population	densité	population	densité
Chalco	58,8	56,7	158,5	69,4	294,0	73,0
Chicoloapan	17,1	155,1	44,2	137,0	73,6	82,0
Chimalhuacán	34,7	119,5	113,6	84,8	231,3	105,3
Ixtapaluca	45,3	81,8	74,9	130,1	153,8	78,0
La Paz	56,1	127,5	113,5	117,8	192,5	78,2
total	211,9	87,2	504,8	92,0	945,3	81,8

sources : d'après études de photos aériennes in Gobierno del Estado de Mexico, 1989, p.17.

Selon D. Hiernaux, le volume de population atteint 350.000 habitants en 1991 (Hiernaux, 1991), 80 % de cette population provenant du District Fédéral-même (voir modèle d'Iracheta, Chapitre 2, § 2.1.1).

La répartition des surfaces selon leur usage est typique à Chalco : celle d'une ville-dortoir (ou à fort taux de chômage...) avec une utilisation du sol presque exclusivement résidentielle (près des 2/3 en 1980), les activités industrielles, commerciales et de services, n'occupant au total que 2% du territoire urbanisé. La fréquence des terrains vagues : 36%, montre encore le caractère *extensif* de cette forme d'urbanisation.

## 2. Structures urbaines de Chalco

La configuration urbaine de Chalco se constitue de manière globalement identique aux délégations et municipes ci-dessus décrits, avec deux ensembles distincts :

- le vieux village au paysage traditionnel de centre local des populations rurales et de leurs activités : habitations qui dépassent rarement deux niveaux, datant parfois de l'époque coloniale, densément groupées autour de l'église et de sa place rectangulaire, le *zocalo*<sup>1</sup>. Des édifices construits dans les années 40 ou 50, caractérisés par leur architecture plus brutale à 3 ou 4 niveaux, côtoient le bâti ancien. Alors que les tuiles constituent la toiture la plus répandue

<sup>1</sup> Barrio Santiago, Barrio La Conchita.

des vieilles maisons, les constructions du XX<sup>ème</sup> siècle sont généralement couvertes de dalles de béton ou de *ladrillo*, lui-même parfois recouvert d'une couche de ciment. Les rues rectilignes et perpendiculaires offrent un grand choix de commerces et de services, dont certains suivent les mutations du modernisme. Orientées nord-est/sud-ouest et nord-ouest/sud-est, elles ne dépassent pas 2,5 km de longueur.

- au nord-ouest, les quartiers-champignons de moins de 10 ans d'âge<sup>1</sup>, dont l'ensemble forme un triangle caractéristique, figure géométrique géante d'environ 7 km de hauteur, le sommet pointé vers le nord. L'aire urbaine est limitée à l'Ouest par une ligne droite le long des terres marécageuses de Tláhuac, au nord-est par la route fédérale Mexico-Puebla qui longe le piémont du cerro El Pino<sup>2</sup>, et au sud, par une autre ligne droite, celle de la route Tláhuac-Chalco, de direction est-ouest, qui passe au sud du cerro Xico. La zone sud-est du triangle, que nous détaillerons plus loin, demeure non-bâtie.

La totalité du territoire du nouveau Chalco est découpée en trames réticulaires par des réseaux de voies orthogonales hiérarchisées à la manière de Nezahuacóyotl, mais dont les avenues principales (Alfredo del Mazo et Bravo) sont de moindre importance que celles de ce municipe. Les deux orientations principales de la voirie sont celle de nord-nord-est/sud-sud-ouest, et celle des rues qui leur sont perpendiculaires. Au sud-est, les manzanas des colonies *Providencia*, *Guadalupanas* et *Unión de Guadalupe* sont découpées selon un angle différent (nord-est/sud-ouest et perpendiculaire). L'autoroute Mexico-Puebla, large de deux fois trois voies, traverse en ligne droite cette zone urbanisée, selon une direction nord-ouest/sud-est.

On a fait ci-dessus remarquer que le tracé des réseaux de voirie actuels de Tláhuac avait été déterminé par les canaux qui drainent les lacs de Xochimilco et de Chalco, les rues principales étant construites sur ceux-ci. Ces mêmes canaux ont également déterminé la position,

---

<sup>1</sup> Colonies : *Santiago, Santa Catarina, Xico Nuevo*, etc...

<sup>2</sup> Les quartiers situés entre la route fédérale et le canal de la Compañía appartiennent en réalité au municipe d'Ixtapaluca, puisque Chalco est administrativement limité par le canal. Il serait géographiquement logique d'intégrer la description de ces quartiers à celle de Chalco ; cependant, les statistiques étant présentées par entité administrative et non par conurbation, les descriptions selon un autre mode en seraient faussées.



l'orientation et l'espacement des voies principales des nouveaux quartiers de Chalco. Les manzanas sont des subdivisions régulières de ces vastes terrains rectangulaires.

La structure et la répartition du bâti à l'intérieur de ce triangle ne sont pas uniformes, bien que les colonies soient de création et de peuplement contemporains, voire simultanés, à quelques années près.

L'observation de la carte de la densité du sol ci-dessous (figure 32), appelle quelques commentaires :

- plus dense et consolidée au nord (colonies *San Juan Tlalpizahuac*, *Darío Martínez*, *A.del Mazo...*) et le long de l'autoroute jusqu'à *Independencia*, l'urbanisation se caractérise par une occupation des lots proche de 100%<sup>1</sup>, une majorité de constructions en matériaux durables à toit définitif et à vastes surfaces<sup>2</sup>, l'existence de maisons à étages, de *tiendas* à l'angle des rues, voire de petites entreprises (ateliers de menuiserie, de mécanique, entrepôts...).

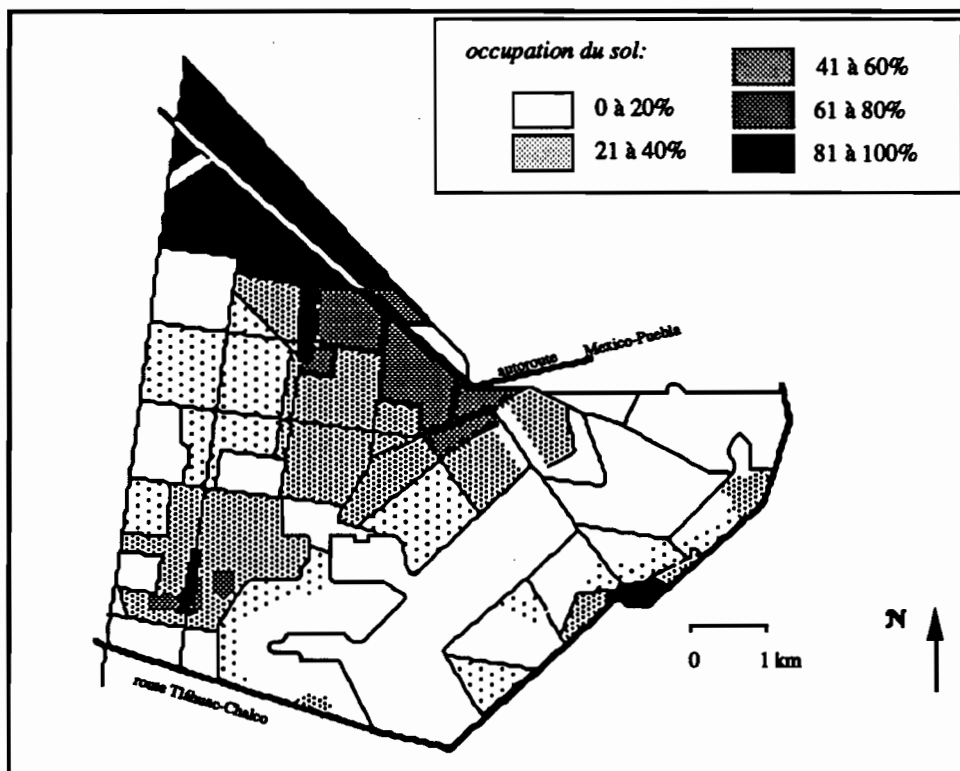


figure 32 : Coefficient d'occupation du sol - Chalco -1989.  
(d'après González Aragón, 1990, p.VIII-28a)

<sup>1</sup> i.e.: tous les lots sont bâtis.

<sup>2</sup> Certains lots sont totalement couverts par le bâti, d'autres par deux constructions: l'une provisoire, la seconde, définitive, en chantier.

- au sud-ouest (*San Miguel Xico*) et au centre-est (*Providencia, Unión de Guadalupe*), une densité urbaine moindre mais encore soutenue (60 à 80%). Tous les lots ne sont pas bâtis, ou bien bâtis de constructions provisoires, ou encore partiellement définitives, mais rarement à étages ; les commerces sont moins développés dans ces quartiers, où subsistent des terrains vagues et des secteurs inondables (zone de contact avec Tláhuac et quart sud-est de la circonférence du cerro<sup>1</sup>). La géométrie et les limites des manzanas sont dans l'ensemble clairement fixées.

- un bâti de densité faible à moyenne et souvent précaire qui laisse de nombreux lots, voire des manzanas, inoccupés, caractérise une large zone, orientée est-ouest, au centre du triangle : *María Isabel, Concepción, Santa Cruz, Guadalupana*. Ici, les limites des terrains, les pâtés de maisons et, par conséquent, le tracé des rues sont parfois imprécis.

- dans la partie urbanisée du nord, exactement à l'endroit où aboutit le petit pont qui enjambe l'autoroute et permet la communication<sup>2</sup> avec la partie septentrionale de Chalco (*Puente Azul*), un microcentre urbain est apparu, clairement matérialisé par la présence de deux ou trois immeubles à étages et de commerces plus importants. Ce point correspond, en effet, à la communication avec l'autoroute, lieu d'arrivée et passage obligé des voyageurs par autocars, ainsi que des marchandises à destination des nouveaux quartiers. L'avenue A. del Mazo y prend naissance et irrigue les colonies du sud, induisant un *couloir urbain*, armature sur laquelle s'appuient les quartiers plus éloignés pour s'urbaniser à leur tour. Ce couloir se caractérise par sa structure : développement plus affirmé des manzanas qui le bordent, en particulier le côté directement exposé à l'avenue : bâti en dur et à étages... et par sa fonction, de communication d'abord, mais aussi de services et d'activités (dépôts, commerces, entreprises...). On observe un phénomène similaire, mais moins avancé, dans le sud-ouest (*San Miguel*), le long de l'avenue qui relie cette partie de la ville à la route de Tláhuac.

---

<sup>1</sup> Cette zone inondable correspond au *vaso regulador*.

<sup>2</sup> Communication entre les colonies A. del Mazo et Ampliación Zapata.

- au pied du cerro, à la partie méridionale de sa circonférence (colonie San Martin Xico), un groupement d'habitations (une centaine?) se maintient sur les bords du *vaso regulador*, dans des conditions particulièrement difficiles, et constitue le germe de nouveaux quartiers qui encercleraient le cône volcanique par le sud, appuyés sur la continuation de l'axe Tláhuac-Chalco<sup>1</sup>.

Plus au sud, sur la route Mixquic-Chalco, les villages de San Martin Xico Nuevo et San Lorenzo Chimalpa tendent à réduire la faible distance qui les sépare, par la jonction de leurs faubourgs.

De telles structures semblent montrer différentes étapes du développement urbain récent à Chalco, processus également décelables à Chimalhuacán :

- par la présence de l'autoroute au nord, et de la route Tláhuac-Chalco, au sud, qui traversent les restes du lac, relie le centre de Tláhuac à celui de Chalco, et génèrent des foyers d'urbanisation ;
- tandis que ces foyers se densifient et se consolident à leurs racines, ils se propagent vers l'intérieur des terres, le premier vers le sud-ouest, le second, Chimalhuacán, vers le nord ;
- l'avance par dispersion du bâti précède l'intensification de l'utilisation du sol par augmentation de la densité ;
- la phase de consolidation suit enfin, avec le travail de la population, et lorsque celle-ci a atteint la masse critique suffisante pour exercer des pressions sur les pouvoirs publics.

La construction et le logement affrontent un ensemble de difficultés liées à une convergence de conditions humaines et naturelles, défavorables au développement de ces villes nouvelles.

A Chalco, en effet, dans la plupart des cas, l'appropriation récente de la terre s'est faite de manière illégale par des familles à faible revenu, souvent inférieur au salaire minimum.

---

<sup>1</sup> La croissance de ce quartier a été par la suite fermement interdite.

D'autre part, les extensions récentes qui se développent à l'Est de l'agglomération, sur les anciens lacs, et en particulier les quartiers de Chalco, avancent sur des terres inadéquates à l'urbanisation : instabilité et nature poussiéreuse du sol<sup>1</sup>, faible profondeur de la nappe phréatique, inondations, insalubrité... (Tudela, 1991).

Ces conditions humaines et naturelles, que l'on rencontrait à Iztapalapa voici 40 ou 50 ans, puis à Nezahualcóyotl, expliquent la mauvaise qualité des habitations, individuelles dans 80% des cas, dont le nombre est passé de 3.500 à 52.000 entre 1980 et 1989.

L'enquête sociologique réalisée sur Chalco révèle que la surface d'un lot-type à Chalco est de 200 m<sup>2</sup>, et la proportion construite est de 30% en moyenne (Juarez Núñez & Martínez Flores, 1990, p.V-47<sup>2</sup>), soit 60 m<sup>2</sup>, chiffres corroborés par ceux du programme *Solidaridad*, avec une majorité de cas pour des constructions de moins de 50 m<sup>2</sup>.

Les surfaces non bâties restent de terre dans une proportion d'environ 60%, couvertes d'herbe à 25% et de béton à 15%, c'est-à-dire peu couvertes de matériaux imperméables.

M. Juarez Núñez et R. Martínez Flores proposent une typologie de l'habitat populaire à Chalco à trois niveaux correspondant au stade d'avancement de la consolidation :

- le bâti *provisoire*, aux murs et toit d'une seule pente en matériaux de récupération (bois, carton, tôles...), et au sol de terre ;
- le bâti *précaire*, dont les murs sont de briques sans superstructures, avec toit de carton ou d'éternit, et sol parfois cimenté ;
- l'habitat *populaire consolidé*, avec ses murs et toits définitifs en béton, et son sol couvert de ciment ou de carrelage.

Comme le précise S. L'Hommée, les bâtis provisoires et précaires se caractérisent par :

- l'*autoconstruction*\* : la conception et la réalisation de l'habitat restent une entreprise familiale (77% des cas), typiquement masculine, dirigée par le chef de famille ; cela implique l'absence d'apport technique et financier extérieur ;

---

<sup>1</sup> On peut observer à Chalco des habitations qui sombrent dans la vase, parfois avant même d'avoir été occupées.

<sup>2</sup> Travaux d'après l'enquête d'août 90.

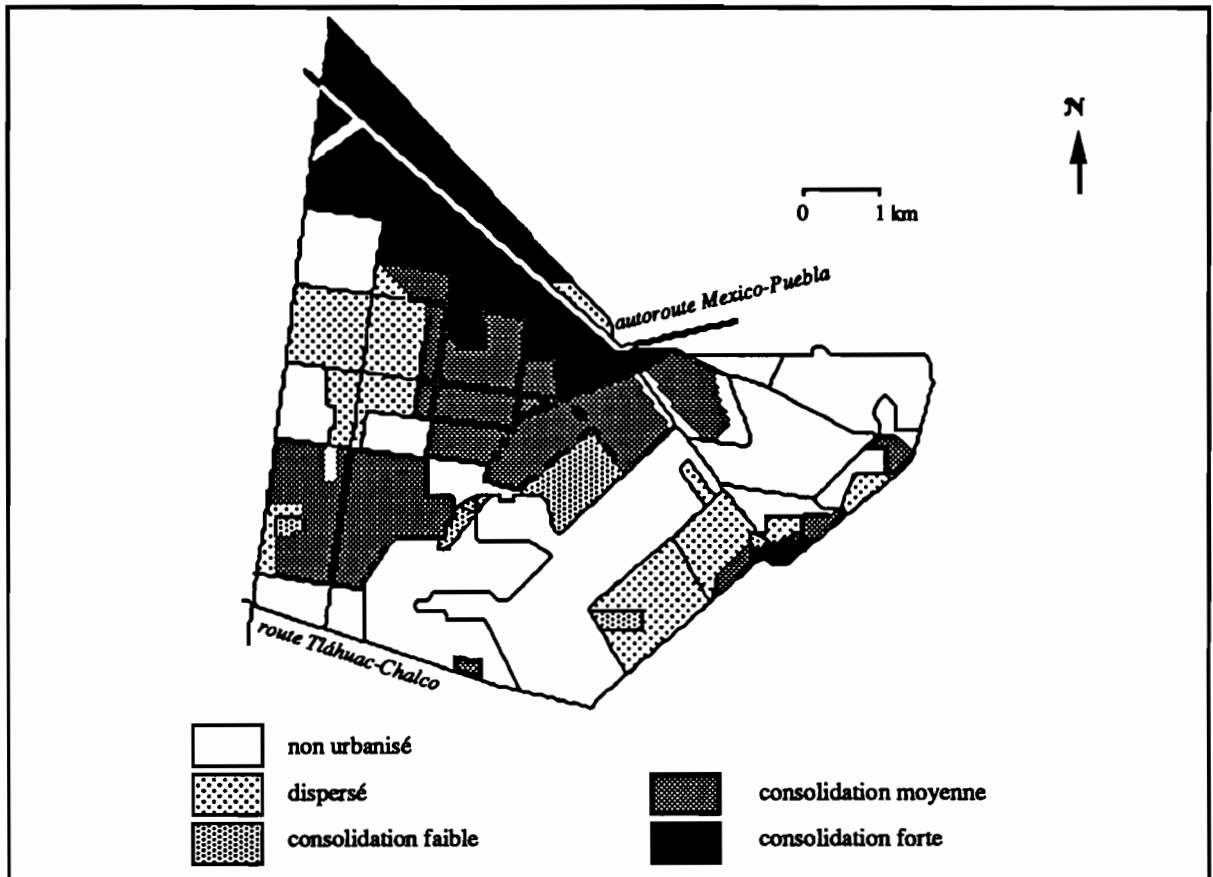


figure 33 : Répartition des logements d'après leur morphologie.  
(d'après González Aragón, 1990, p.VIII-28a)

- l'état transitoire de la construction dont les murs extérieurs sont parfois constitués de simples empilements de briques, sans mortier, ou encore des blocs de terre isolés des pluies par des jupes de feuilles de plastique. Les toits sont cloutés ou immobilisés avec des pierres et des fils de fer ;
- la rareté des ouvertures, souvent la seule porte ;
- le petit nombre de pièces dont la moyenne reste inférieure à trois, mais fréquemment limitée à une pièce unique, les latrines étant situées à l'extérieur ; l'encombrement du local et l'entassement pour des familles de 5 à 6 personnes qui partagent deux lits doubles ;
- outre les latrines, l'existence de microconstructions annexes, jointes ou disjointes au bâti principal : poulailler, porcherie, réservoir, préau...
- l'association de la construction provisoire avec le bâti définitif en chantier, la complémentarité fonctionnelle et les évolutions respectives de ces bâtis ; la fréquence des chantiers ;

- l'usage utilitaire du *patio* : travaux ménagers, espace cultivé, enclos d'animaux, dépôt de matériaux, voire d'ordures ;
- la rapidité des travaux de base : 5 à 6 jours en moyenne...

La répartition des matériaux de construction se fait comme suit :

*tableau 8 : Proportion des matériaux de construction utilisés à Chalco (1990).*

matériaux	toits (%)	sol (%)	murs (%)
brique	1,40	3,10	94,40
béton	37,00	72,70	2,80
éternit	24,30	-	0,20
carton	34,70	-	1,00
tôle métallique	2,30	-	0,40
terre	-	22,50	-
autres	0,30	1,70	1,10

sources : Juarez Núñez & Martínez Flores, 1990, p.V-50.

Si l'on considère l'ensemble du bâti constituant les quartiers résidentiels, on observe une baisse globale de la qualité des logements. En effet, selon les statistiques de l'Etat de Mexico, 80% des habitations étaient couvertes d'une dalle de béton, et 20% de tôles, en 1980. Neuf ans plus tard, les proportions sont inversées : les trois quarts des maisons présentent un toit de carton ou de fibro-ciment.

On notera que dans plus de 20% des cas, les habitants vivent sur un sol de terre.

Le développement brutal et massif du municipe transparait aussi dans l'équipement des logements où l'on observe les mêmes tendances que pour l'évolution de la qualité des habitations. En 1980, en effet, près de 100% des logements, soit la totalité du village ancien, étaient raccordés aux réseaux de drainage et de distribution d'eau. En 1989, la proportion est tombée respectivement à 11 et 14%, c'est à dire que la quasi-totalité des nouveaux quartiers en sont dépourvus.

La rareté de l'eau courante est palliée par la distribution à domicile de l'eau au moyen de camions-citernes, service très insuffisant pour les trois quarts des habitants de Chalco, puisque 25% n'ont qu'une livraison d'eau par semaine, et près de 40% une livraison tous les 15 jours.

Le manque de drainage est non moins critique : les eaux de pluie sont en partie évacuées par le canal de la Compañía inadapté. Les eaux usées, quant à elles, sont rejetées dans la rue, sur le sol, parfois dans des fossés creusés au milieu de la chaussée, mais sans écoulement (27% des logements).

La quantité d'ordures solides produite quotidiennement est estimée à 220 tonnes, dont 70 seulement sont ramassées. La majorité des habitants dispose de latrines et de W.C. non raccordés aux égouts, et qui débouchent dans des puits perdus ou des fosses septiques.

Ce type d'implantation urbaine entraîne une dégradation rapide de l'environnement, notamment du milieu aquifère soumis aux infiltrations parfois toxiques issues des fosses septiques et des ordures abandonnées. Les excréments animaux desséchés soulevés avec la poussière par le vent et les véhicules sont en partie la cause de nombreux cas de maladies respiratoires et gastro-intestinales, de la cavité bucale, de la peau et des organes génitaux féminins.

De telles conditions de vie se traduisent sur les données démographiques par un taux de mortalité infantile égal à 55,4 pour mille<sup>1</sup>, soit deux fois supérieur à la moyenne nationale, les causes principales étant les diarrhées, les infections respiratoires, les malformations congénitales, mais aussi la sous-nutrition.

Enfin, les surfaces à couverture végétale apparaissent très limitées. Elles se situent, en partie, sur les pentes des cerros Xico et El Elefante (Ixtapaluca). On observe également des terres agricoles à l'Est, ainsi que des pâturages assez vastes entre les nouveaux quartiers du nord et les extensions accolées au vieux village, au sud, dont les avenues et les places sont traditionnellement arborées.

A l'instar de Chimalhuacán, les colonies modernes sont totalement dépourvues d'arbres. Bien que la proportion de sol bâti reste faible, et même en saison des pluies, une herbe rare et sporadique constitue le seul couvert végétal de la vallée ; elle disparaît presque complètement les mois d'hiver. Chalco était également concerné par la campagne de plantation d'arbres de 1990.

---

<sup>1</sup> Ce taux atteint 94 pour mille à Chimalhuacán.

On remarquera que les conditions d'apparition et de développement des nouveaux quartiers de Chimalhuacán et Chalco possèdent un certain nombre de points communs :

- ces deux banlieues se sont créées par partir d'un centre local ancien, autrefois distant de l'agglomération, à proximité d'une grande voie de communication et d'une zone industrielle ;
- il existe dans les deux cas une zone-tampon non-bâtie entre le village traditionnel et la zone nouvellement urbanisée ;
- les croissances respectives sont contemporaines (à partir de 1984) avec des caractéristiques démographiques et spatiales comparables, qui évoluent de manière synchrone ;
- l'une et l'autre se développent sur des terres qui étaient, récemment encore, envahies par les eaux, d'où des problèmes identiques, de drainage par exemple<sup>1</sup> ;
- bien que de nature différente, les sols subissent la même dégradation provoquée par une intense activité urbaine, et Chalco a vu disparaître ses *pastos* (prairie). Ces modifications engendrent un double fléau : l'induration des sols et l'entretien d'épandages de boue en été, de poussière en hiver ;
- le type d'urbanisation et sa structuration sont très semblables, par la nature et la configuration du bâti qui y prolifère, le dessin et l'état de la voirie ;
- dans les deux cas, sur un même terrain, on trouve décomposées les différentes phases de l'urbanisation spontanée, dont les séquences s'enchaînent géographiquement, vers le nord pour Chimalhuacán, vers le centre du triangle urbanisé pour Chalco.

Des différences apparaissent dans la localisation respective des quartiers par rapport aux axes de communication et leur zone industrielle : inclus dans le cas de Chalco, distants pour Chimalhuacán, ce qui différencie la progression de l'urbanisation de ces deux municipes. A Chimalhuacán, on peut considérer que l'avenue Cooperativismo joue le rôle d'artère d'urbanisation tenu par l'avenue A. del Mazo à Chalco.

---

<sup>1</sup> La similitude des problèmes et la disparité des solutions qui y sont apportées, stimule une concurrence, ou jalousie entre les deux municipes. Ainsi, on trouve, peint sur les murs de Chimalhuacán, ce slogan signé d'un parti politique : *Chalco a obtenu l'électricité pour X pesos par foyer ; pourquoi pas nous ?!*



De par l'absence de voie de communication régionale directement en contact avec l'extension actuelle, il n'existe pas de microcentre équivalent à celui généré à Chalco, et que nous avons évoqué ci-dessus.

Au cours de ce chapitre, nous avons vu plus en détail quelques aspects concrets du processus d'urbanisation des quartiers spontanés, et les conditions de vie de leurs habitants :

- la rapidité du développement et des mutations de ces quartiers offre à l'observation une superposition d'états urbains différents qui racontent les étapes d'urbanisation du quartier : terrains vagues, habitat précaire et consolidé... se côtoient et évoluent parallèlement ;
- l'exposé des conditions de vie des colonos montre la nécessité d'une connaissance et d'un suivi de ce milieu, tant pour des raisons humanitaires qu'écologiques et sociales.

La création récente de Chalco, mais aussi de Chimalhuacán, et leur développement contemporain à notre étude, font de ces deux municipes des terrains privilégiés pour une étude de l'expansion urbaine à l'aide de l'imagerie SPOT, étant donné que celle-ci est disponible depuis 1986.



Grâce aux enquêtes spécifiques menées sur ce municipe en plein "boum" urbain, nous avons pu serrer au plus près les éléments expliquant et décrivant la réalité individuelle, sociale et écologique d'un quartier en création et en développement rapide. L'information pointue et récente nous a permis une telle approche, mais également l'expérience acquise au cours des décennies précédentes en d'autres secteurs aujourd'hui intégrés au reste de l'agglomération.

Les étapes de la croissance montrent que l'urbanisation a commencé par le nord, le long de l'autoroute Mexico-Puebla, pour se propager vers le sud et le sud-est dans la seconde moitié des années 80. Au cours de cette période, un nouveau foyer s'est déclaré au sud-ouest, le long

de la route Tláhuac-Chalco. Depuis, les deux poussées progressent l'une vers l'autre et tendent à combler le triangle qu'elles forment avec le Vieux Chalco.

Le milieu écologique a été dévasté, et les formations de végétation pastorale ont totalement disparu des terres convoitées par les quelque 350.000 colonos.

Du carton au béton, Chalco suit les étapes de l'urbanisation populaire en vitesse accélérée, toutes les situations intermédiaires coexistant sur un espace restreint. Ce *Nezahulcóyotl* des années 80 représente un nouveau défi économique et politique ; c'est un double symbole : celui de la pauvreté irréductible aux portes de la capitale, et celui de la lutte de la *génération Salinas* en faveur du développement.

## Conclusion de la 1ère partie : développement urbain et télédétection

L'analyse géographique des éléments de la croissance urbaine et des structures de l'agglomération, a fait ressortir les principaux points suivants :

- une forte croissance démographique au cours de la seconde moitié du XXème siècle, due à un rythme de croissance naturelle soutenu, mais surtout à d'importants mouvements de population:

- des provinces et des centres secondaires du pays, dans une première étape,

- de mouvements internes à l'agglomération qui prédominent depuis quelques années.

- l'habitat individuel, maison familiale bâtie sur quelques mètres carrés de terre, est le type privilégié de logement dans les colonies nouvelles de Mexico, forme d'urbanisation qui ne nécessite pas les investissements importants d'un habitat collectif et laisse à l'occupant la souplesse de construire à son rythme et selon ses moyens. Cette croissance *horizontale* engendre une forte consommation d'espace.

Les courbes ci-dessous montrent que les deux croissances, démographique et spatiale, sont étroitement liées :

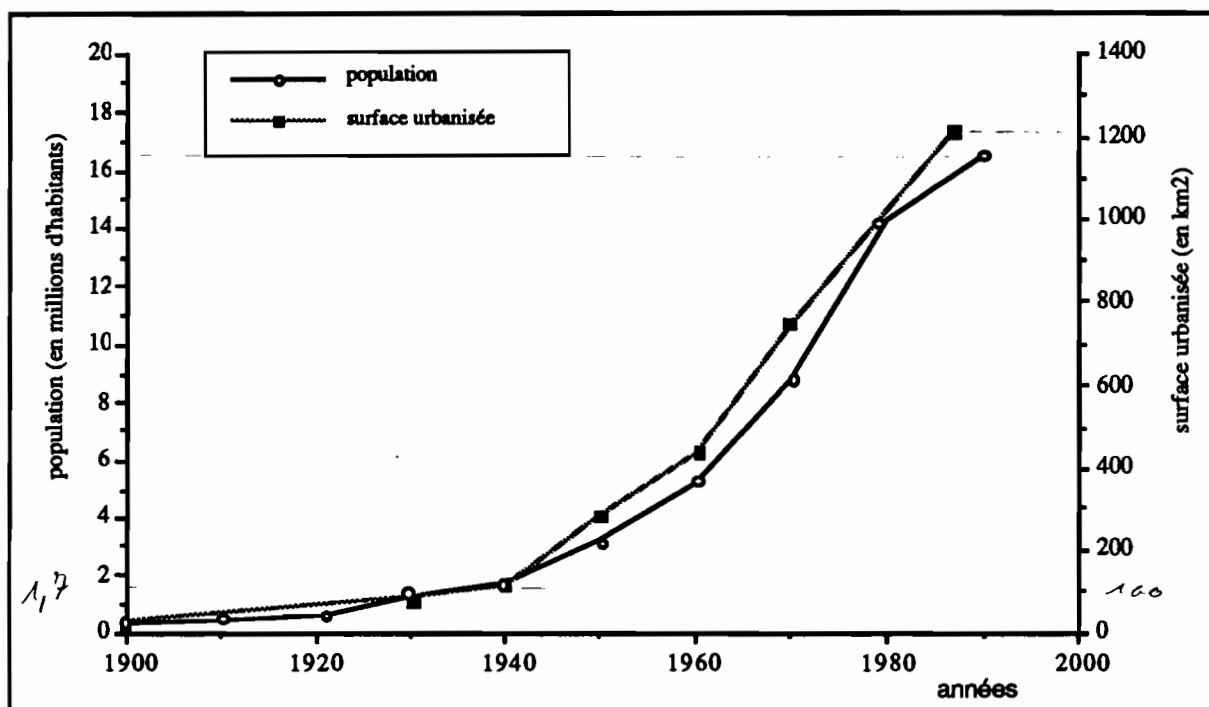


figure 34 : Croissances démographique et spatiale - XXème siècle.

L'étude des structures de l'agglomération apporte, quant à elle, des précisions sur :

- la constitution des quartiers consolidés : leurs caractéristiques démographiques, le type de bâti, l'organisation de la voirie, l'existence de végétation... ainsi que leur grande disparité en termes de qualité d'urbanisation et de paysage, liés aux conditions socio-économiques des habitants ;
- la localisation des quartiers de développement récent, en particulier vers l'est et le sud-est, dans des localités de plus en plus éloignées du Centre ;
- les processus d'urbanisation où :
  - l'expansion spatiale et la répartition des populations suivent des étapes successives d'expansion et de densification qui correspondent à l'ouverture de nouveaux espaces à urbaniser, puis à leur urbanisation réelle ;
  - l'urbanisation peut se développer non seulement par propagation du bâti, mais également à distance, par *induction* de centres voisins, ou encore par *conduction*, le long d'axes de communication régionaux ;
  - le développement urbain conduit à la notion de métropolisation par intégration spatiale et fonctionnelle des espaces urbanisés, notamment par l'extension et le raccordement aux différents réseaux urbains ;
  - l'illégalité des implantations et la faiblesse des revenus des habitants favorisent un développement urbain qui suit lui-même des étapes dans l'édification des quartiers par *autoconstruction* : habitat provisoire, précaire, puis consolidé, évolution caractérisée par une densification suivie d'une élévation du bâti ;
  - le seul bâti constitue en premier lieu les villes nouvelles, avec absence ou insuffisance des services et des équipements élémentaires qui engendrent des conditions de vie difficiles pour des centaines de milliers d'habitants, dans un milieu écologique détruit.
- le type d'urbanisation et le paysage qui en découlent, se caractérisent dans les quartiers populaires par :

- le dynamisme dans l'apparition et la modification des composantes d'un milieu urbain en mutation constante ;
  - l'abondance de matériaux de construction légers, l'absence de voirie stabilisée, l'hétérogénéité des constructions et le voisinage de bâtis à tout niveau de consolidation... ;
  - la rareté, voire l'absence de végétation, notamment arborée, dans les quartiers développés sur les anciens fonds lacustres ;
- la localisation et les structures des différents types d'occupation du sol, en discriminant les quartiers résidentiels des zones d'activités économiques, ces derniers étant faiblement représentés dans les banlieues est, hormis ceux des axes routiers.

La précarité des conditions de vie de ces populations constitue un facteur d'instabilité politique aux portes de la capitale, siège des Institutions de la Fédération et qui, en tant que ville, représente un foyer de conflits sociaux latents. Le nombre important de citoyens démunis : un million d'habitants en 1988 pour la seule Vallée de Chalco, est aussi un volume électoral considérable que le PRI<sup>1</sup> a de plus en plus de difficulté à s'assurer, d'où le programme *Solidaridad* et certaines initiatives comme l'éclairage urbain de Chalco promis par C. Salinas Gortari, lors de sa campagne présidentielle.

Tant sur le plan humanitaire que politique, les Pouvoirs Publics se doivent donc de connaître les sociétés urbaines et de suivre leur évolution. Pour cela, ils ont à leur disposition un ensemble de méthodes de collecte et d'analyse de l'information : recensements, enquêtes spécifiques, sondages, photos aériennes, informations émanant des services fiscaux, commerciaux...

Ces moyens traditionnels d'acquisition de l'information se heurtent cependant à un certain nombre de difficultés :

- coût élevé des opérations de collecte, incompatible avec la faiblesse des ressources des pays du Tiers-Monde ;

---

<sup>1</sup> PRI : Parti Révolutionnaire Institutionnel, parti-état qui détient le pouvoir depuis la Révolution.

- longueur des délais d'acquisition des données, et de leur dépouillement, qui peuvent exiger une grande quantité de personnel à divers niveaux de qualification ;
- nécessité d'actualiser l'information d'autant plus fréquemment qu'elle concerne des phénomènes dynamiques ;
- hétérogénéité de l'information due au morcellement spatial de la collecte, aux variantes dans les protocoles et la nomenclature, au décalage dans le temps... induits par la nécessité de limiter les coûts ou liés aux cadres institutionnelles (divisions administratives).

Dans le cas qui nous occupe : la croissance spatiale de Mexico dans la seconde moitié des années 80, la recherche dispose des données du recensement de 1980. Le délai de publication des résultats et le dynamisme démographique, donc urbain, de certaines localités de l'agglomération, ont nécessité des réajustements intercensitaires partiels, en particulier dans la Vallée de Chalco.

Pour cette région, les données initiales du recensement de 1980, étaient déjà dépassées au moment de leur publication par l'INEGI en 1984. La localisation des foyers de croissance urbaine, et l'estimation de leur importance, manquaient donc d'exactitude dans les mêmes proportions, et restaient peu efficaces pour la prise de décisions.

Quant aux estimations intercensitaires, elles utilisent des méthodes différentes (sondages, photos aériennes...), dont la variété rend difficile la comparaison des résultats entre eux, ou avec ceux des recensements.

En outre, comme nous l'avons vu au cours de l'exposé concernant les structures de l'agglomération, les enquêtes et études sont le plus souvent menées et analysées par division administrative, à l'intérieur de frontières arbitraires, sans tenir compte des éventuelles disparités locales. A moins de détenir l'information à son niveau élémentaire, il est difficile de déceler les signes prémonitoires de l'urbanisation, ou ses premières manifestations, et de préciser leur localisation.

Le dynamisme de l'agglomération justifie par ailleurs plusieurs campagnes aériennes annuelles,

la plupart assurées par des organismes privés, ce qui augmente le coût de l'information. L'interprétation de photos couvrant de larges surfaces exige également certains délais.

On conçoit la nécessité de mettre au point des moyens rapides de collecte d'information et de traitement de masse, afin d'en abaisser le prix de revient, d'en augmenter l'étendue et la fréquence d'application, et de tendre vers une action en temps réel.

Ces nécessités établies, les avantages offerts par la télédétection apparaissent particulièrement intéressants pour la mise en évidence de modifications survenues dans l'occupation du sol, leur localisation et leur caractérisation. Cette méthode semble, en effet, répondre aux contraintes imposées par l'étude de l'agglomération de Mexico et de sa croissance :

- **l'échelle** : le gigantisme du phénomène nécessite la collecte d'un volume correspondant d'information, en conservant toutefois un niveau de détail assez fin pour percevoir les caractéristiques du milieu urbain et pour permettre des études à des échelles les plus différentes possibles. Les images de télédétection couvrent de vastes surfaces : les satellites SPOT couvrent 3.600 km<sup>2</sup> environ (60 x 60 km), tout en proposant une résolution au sol de 20 m pour les images multibandes et de 10 m pour les données panchromatiques<sup>1</sup>, qui permettent l'acquisition d'informations sur une agglomération urbaine, même de la taille de Mexico ;

- **la rapidité** : le dynamisme exige des mises à jour fréquentes et une disponibilité rapide des données pour une connaissance aussi actuelle que possible. Sur ce plan, la mise à jour de l'information satellitaire est constante, puisque d'une part, la couverture du globe est désormais permanente et que, d'autre part, la fréquence des passages optimaux des satellites est élevée (fréquence de passage de SPOT : 26 jours<sup>2</sup>). De plus, les scènes acquises sont disponibles sur le marché en quelques jours ;

---

<sup>1</sup> ...et moins si le contraste local est favorable: objet fortement réfléchissant sur fond sombre.

<sup>2</sup> Il est possible d'obtenir des données à intervalles plus brefs, grâce à des prises de vues obliques.

- **l'homogénéité** : pour être comparable dans l'espace et dans le temps, l'information doit être homogène ; l'acquisition d'une scène est presque instantanée avec les mêmes instruments et les mêmes procédés, ce qui garantit l'homogénéité de l'image, mises à part les inégalités locales de la qualité de l'atmosphère. Comme nous le verrons, l'homogénéité dans le temps d'une scène à l'autre rencontre quelques problèmes, mais la nature de l'information reste constante ;

- **l'abaissement des coûts** : la faiblesse des ressources oblige à une limitation des coûts réalisable par l'achat de données bon marché, la standardisation et l'automatisation de leur collecte, de leur manipulation et de leurs traitements. De par leur nature informatique, les données de télédétection peuvent subir sur ordinateur des traitements reproductibles rapidement et en grand nombre.

La reconnaissance des terres urbanisées sur l'image, l'identification de critères de télédétection pour une caractérisation de l'occupation du sol permettra par comparaison d'images acquises à des dates différentes de mettre en évidence :

- l'apparition des premiers signes de l'urbanisation dans un secteur jusque là non reconnu comme urbanisé : apparition de constructions, de réseaux, recul de la végétation... qui marquent le passage du monde rural au monde urbain ;
- les modifications du paysage urbain : spécialisation de l'activité d'un quartier (création d'une zone industrielle...), changement de l'intensité ou de la qualité de son urbanisation : densification du bâti, remplacement des matériaux de construction légers en matériaux durables, dessin et stabilisation de la voirie...

Dans le premier cas, l'intérêt réside dans la mise en évidence de l'apparition d'un nouveau quartier (ou de son développement spatial), ce qui correspond à la phase d'expansion urbaine, proprement dite.

Dans le second cas, l'intérêt se porte sur la densification du quartier ou, d'une manière plus générale, sur son évolution.



Aussi bien pour l'annonce de l'urbanisation que pour son évolution, l'observation consiste à mettre en évidence les processus d'urbanisation : comment l'espace se transforme-t-il, quels itinéraires l'urbanisation suit-elle, de l'état rural à celui d'urbain, puis se différencie-t-elle par sa fonction dans l'organisme urbain ? Quels sont les signes perceptibles contenus dans le paysage qui jalonnent ce cheminement, comment se traduisent-ils sur une image de télédétection et, problème inverse, comment les discriminer et les décoder pour produire l'information relative à l'évolution de l'agglomération, à partir de l'image ?

On s'interrogera sur les apports de la télédétection dans l'analyse des tissus urbains, et on analysera en quoi les sources d'information conventionnelles peuvent la compléter. Enfin, nous verrons l'analyse géographique que l'on peut en faire, nous chercherons en particulier les relations qui peuvent être établies entre cette analyse à l'aide de la télédétection et l'analyse de géographie classique présentée au cours des chapitres ci-dessus.

La limitation de nos moyens, face à l'ampleur du phénomène, nous a contraints à réduire cette étude à une partie seulement de l'agglomération. L'exposé géographique a montré le dynamisme de la périphérie est et sud-est, en particulier Chimalhuacán et Chalco pour lesquels l'explosion urbaine a justement débuté dans les années 80.

Par ailleurs, la région sud, de croissance plus ancienne, est limitée dans son expansion sur la montagne de l'Ajusco, par la présence du parc protégé, et l'urbanisation semble plutôt s'écouler vers l'Est, par le couloir urbain de Xochimilco.

La recherche portant sur l'expansion urbaine se localisera donc à l'Est sur la Vallée de Chalco, incluant les municipes de Chimalhuacán, La Paz, Ixtapaluca et Chalco. Au sud, nous tenterons plutôt d'observer l'arrêt imposé à la croissance et les transformations internes d'une zone déjà fortement consolidée, voire le développement du couloir urbain vers Tulyehualco, c'est-à-dire les délégations de Tlalpan, Xochimilco et Tláhuac.

A ces périphéries, nous ajouterons certaines parties d'autres délégations ou municipes : Nezahualcóyotl, Iztapalapa, A. Obregon... qui offrent certains paysages urbains

caractéristiques (quartier résidentiel de luxe, quartier populaire consolidé, zone industrielle, zone mixte...), et aideront à l'interprétation des images.

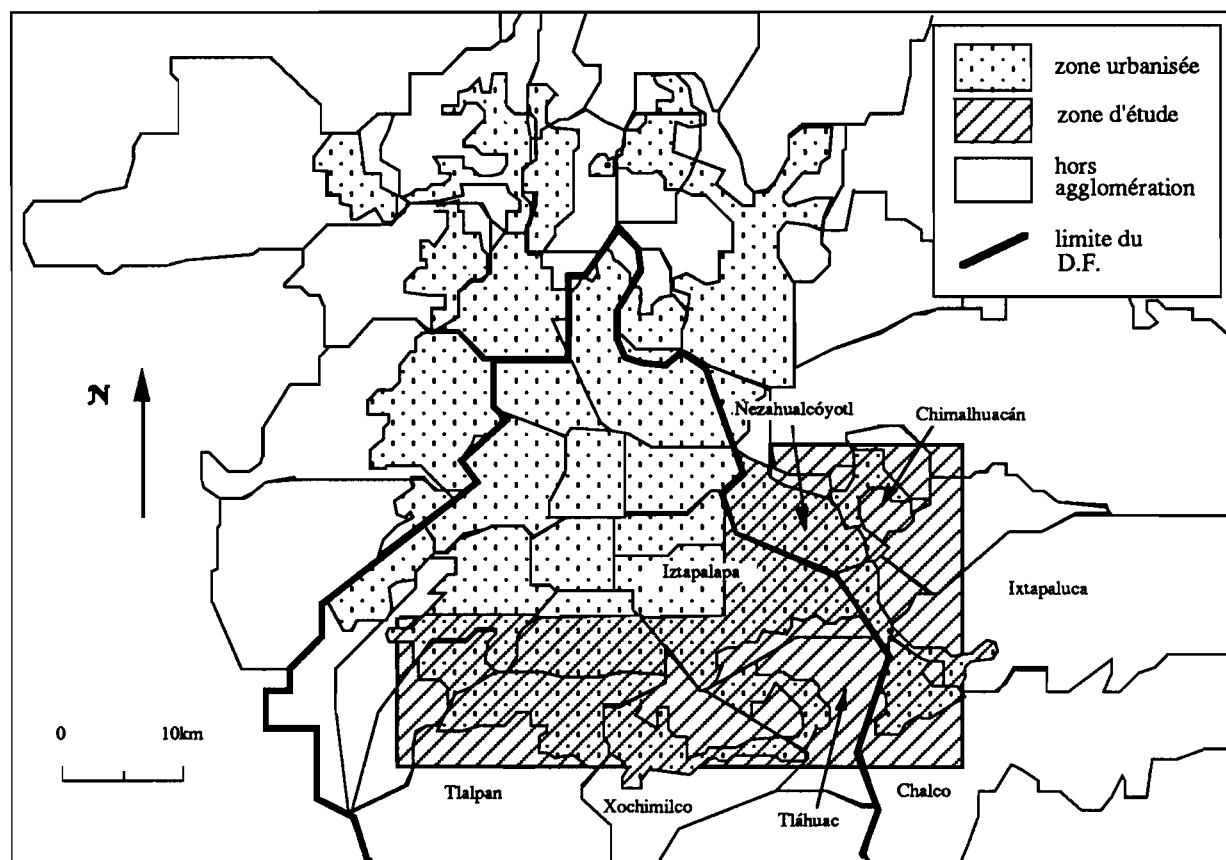


figure 35 : Zone d'étude.

La zone d'étude concerne, selon le recensement de 1990, près de 5,8 millions d'habitants répartis sur quelque 670 km<sup>2</sup> qui ne représentent que le quart, environ, de la périphérie de Mexico.





*2ème partie*

*La composition colorée de 1986*





Il existe de nombreuses méthodes de traitement qui exploitent les différents aspects de l'information contenue dans les images satellitaires. Historiquement, les travaux de télédétection ont d'abord porté, pour l'essentiel, sur les caractères radiométriques des objets mesurés, et des méthodes de reconnaissance des thèmes, point par point, ont été développées. Les caractères des surfaces (texture) et des formes constituant l'image, c'est-à-dire à la situation du point par rapport à son contexte, ont intéressé très tôt les utilisateurs de données satellitaires. Mais les investigations dans ce domaine ont surtout pris de l'importance avec l'avènement des capteurs Haute Résolution au début des années 80, et la formalisation de ces caractères, notamment à l'aide de la morphologie mathématique (voir bibliographie § 2.1 du chapitre 7). De nombreux auteurs ont remarqué l'utilité des analyses de textures d'image pour l'exploration du domaine urbain<sup>1</sup> (Ballut & Roos Josserand, 1982 ; Pousse, 1982 ; Bocquet, 1987 ; Eberhard, 1987...), exploitation parfois précédée de filtrages numériques qui, selon les auteurs, préparent les images pour une meilleure reconnaissance de l'information urbaine (Bozet et al., 1980 ; Duggin, 1988 ; Nascimento & Thibault, 1987). L'utilisation thématique peut également intervenir après traitements de renforcement des contrastes (Didon, 1992), ou la délimitation de contours de texture afin de discriminer les secteurs de l'image selon leur degré d'homogénéité (Dong Chen & Li Wang, 1991).

L'étude du milieu urbain sur images satellite n'a cessé de se développer avec les progrès technologique et méthodologique. Il traite essentiellement de l'analyse de la morphologie des quartiers et du mode d'occupation du sol, ainsi que du suivi de la croissance urbaine. Des

---

<sup>1</sup> Nous verrons en effet, plus loin, que ce caractère aide à la discrimination des milieux urbain et naturel (voir chapitre 7).

aspects d'ordre écologique ou de qualité de la vie commencent également à être traités (à Strasbourg : Weber & Hirsch, 1989).

Parmi les analyses morphologiques et d'occupation du sol, on retiendra celles développées sur Annaba (Bardinet, 1982), Casablanca (Fosset, 1982), Sao Paulo (Lombardo et al., 1982), Strasbourg (Serradj, 1987), au Nigéria (Olorunfemi, 1987), Marne-la-Vallée (Haoues, 1991)... qui ont pour points communs une segmentation de l'espace urbain à partir de l'image, selon des critères propres aux auteurs, radiométriques ou morphologiques, et la production de documents graphiques ou de statistiques caractérisant les différents secteurs. Les partitions produisent fréquemment les thèmes suivants : secteur urbain dense, ensemble d'immeubles, habitat pavillonnaire, zones industrielles, espaces verts et, éventuellement, parkings, cimetières et infrastructures. Ces recherches sont souvent à vocation de planification urbaine : Jeddah (Alwashe et al., 1986), Karachi (Bertaud, 1989)...

Toutefois, selon la problématique et l'aire d'étude, des thèmes non urbains sont également identifiés : terres agricoles, forêts, plans d'eau, affleurements rocheux, sable... Certaines études portent en effet plus spécialement sur le milieu péri-urbain et le contact ville/campagne, telle celle menée à Aix-en-Provence (Oliva & Husson, 1982) qui localise des secteurs de mitage d'espaces boisés, ou encore en Ile de France (Lenco, 1982) et en Ecosse (Buchan & Hubbard, 1986).

Les méthodes utilisées pour obtenir de tels résultats sont très variées : de l'analyse visuelle à la classification radiométrique sophistiquée, mais peu utilisent le critère de la texture.

Au cours de cette deuxième partie, nous tenterons de mettre en évidence et d'utiliser la complémentarité de ces deux types d'information, radiométrie et contexte, association particulièrement intéressante pour l'étude d'une image urbaine.

Nos tentatives sur les classifications d'images, d'après critères radiométriques, par des méthodes non dirigées (nuée dynamique) ont montré des difficultés à faire ressortir la diversité du monde urbain. Les investigations que nous avons menées sur la texture d'image (méthode des cooccurrences en niveaux de gris : Eberhard, 1987 et 1990 (1) ; Michel, 1988) et sur les

extractions de formes (morphologie mathématique, notamment extraction de particules selon une méthode analogue à celle employée par C. Jacqueminet (Jacqueminet, 1991), et extraction de linéaments : Rimbart, 1982 et Debaine, 1990) se sont révélées difficiles à mettre en oeuvre à large échelle ou à interpréter dans leurs résultats. Par ailleurs, l'intégration de l'ensemble des résultats posait de vastes problèmes méthodologiques.

Nous avons préféré utiliser un type de données plus simple et plus facile à mettre en oeuvre, et offrant une grande richesse d'information, ainsi qu'une bonne souplesse d'analyse et d'interprétation : la composition colorée.

Nous verrons en effet que ce type d'image constitue une synthèse de l'information radiométrique contenue dans trois canaux. La composition colorée produit un document apte à une interprétation visuelle pointue intéressant le géographe, aussi bien qu'à des analyses statistiques, à la création d'autres images (image des textures, par exemple) ou à des manipulations morphologiques (extraction de formes...).

Dans les chapitres suivants, nous montrerons qu'il est possible d'analyser des phénomènes aussi complexes que certains phénomènes urbains, à partir de la seule composition colorée, à l'aide de méthodes simples. Pour cela, nous procéderons en quatre étapes :

- nous réaliserons tout d'abord, chapitre 6, une analyse visuelle selon une démarche géographique comparable à celle utilisée pour l'analyse de documents traditionnels. Au cours de cette étape, nous extrairons les principaux critères utilisés, par la suite, pour l'analyse automatique de l'image ; nous serons également en mesure de réaliser un zonage du secteur d'étude ;
- nous étudierons, chapitre 7, les structures de l'image d'après la répartition spatiale des couleurs, leurs associations locales, et d'après l'homogénéité ou les contrastes des surfaces qu'elles forment. Les secteurs d'image pourront être analysés et regroupés en fonction des couleurs et de l'agencement qui les caractérisent ;
- chapitre 8, les groupements des secteurs d'image seront formalisés par deux classifications : une selon les couleurs (radiométrie) et une selon la texture (contexte local). Le croisement des résultats de ces deux classifications nous permettra de dresser une typologie d'image, d'où l'on

B

distinguera les secteurs de l'image qui correspondent aux secteurs urbains. Nous formerons ainsi l'image urbaine ;

- nous traiterons en chapitre 9, l'image qui correspond exclusivement aux secteurs urbains, et nous décrirons les grands types de quartiers selon des critères d'image. Nous apprendrons à reconnaître les caractères de l'information satellitaire les plus importants pour l'identification et la description des grands secteurs de l'agglomération.

Nous essaierons donc de montrer la complémentarité des méthodes analyse visuelle/analyse factorielle/classification, et leur efficacité pour la connaissance de l'image et pour l'interprétation thématique.

## Chapitre 6

# Composition colorée de 1986 : principe et analyse visuelle

---

Dans son article *Géographie de Mexico d'après une image SPOT1 multibande*, Claude Bataillon (Bataillon, 1987) décrit l'agglomération de Mexico d'après une composition colorée tirée sur papier à partir de l'image SPOT de Mars 1986. L'auteur extrait plusieurs caractères en relation avec une typologie des quartiers en adoptant la démarche du géographe, spécifique à l'analyse visuelle d'un document de ce type, et il introduit ainsi une information de nature nouvelle dans la connaissance du milieu urbain. En effet, aucun document jusqu'à l'avènement de l'imagerie satellitaire n'avait permis de capter à la fois le gigantisme et les détails de l'agglomération, permettant ainsi une synthèse de l'information observable selon une grande variété d'échelles.

En possession des données numériques et de moyens de visualisation sur écran couleur, il a été possible de reprendre cette démarche. Celle-ci convient en effet particulièrement bien à notre problématique : disponibilité des échelles, liaison entre les données numériques et l'information de terrain, choix des critères pour une analyse systématique et automatisée...

L'analyse visuelle répond par ailleurs à notre souhait de maintenir l'esprit et la démarche traditionnelle du géographe devant un document cartographique. Nous souhaitons également montrer que cette démarche contribue à la connaissance de l'information, à l'amélioration des



conclusions, et que le regard géographique apporte des éléments critiques et de synthèse que les méthodes automatiques, même les plus sophistiquées, ne peuvent remplacer.

Après avoir présenté les données et la méthode utilisées pour la réalisation de la composition colorée, nous individualiserons les grandes régions qui composent l'image. Nous les décrirons ensuite, de manière à préciser en quoi elles diffèrent les unes des autres, ou en quoi elles se ressemblent, et nous essaierons de mettre en relation ces caractères avec l'information géographique.

De là, nous déterminerons les critères que nous utiliserons pour le traitement ultérieur des images par des méthodes statistiques.

## **1. Les données et la méthode utilisées**

Présentons tout d'abord les données fournies par l'image de départ, avant de voir le mode de construction du néocanal.

### **1.1. L'image**

Les données satellitaires utilisées sont celles de l'image multibande HRV1 de SPOT1, scène K, J = 588-311 identifiée sous le NID = 0045067E, acquise le 22 Mars 1986 (seconde moitié de la saison sèche), à 17h 12mn (fin d'après-midi). La prise de vue est verticale (angle = 0°), et le centre de la scène est décalé de 7 km vers l'est par rapport aux coordonnées théoriques. L'image choisie a subi les corrections géométriques et radiométriques effectuées par le fournisseur Spot-Image, et correspondant au niveau 1B.

L'image se signale par une bonne dynamique dans les trois canaux, l'absence apparente d'*effet de barrette*, et de lignage. Aucune nébulosité n'est à signaler ; aucun effet de brume ou de pollution atmosphérique ne semble affecter, à première vue, une zone particulière de l'image.

## 1.2. La composition colorée

Après avoir présenté brièvement le principe de la composition colorée, on précisera les conditions de réalisation de celle de 1986 utilisée pour notre étude.

### 1.2.1. Principe de la composition colorée

A partir des trois canaux de cette image, on a réalisé une composition colorée. Cette méthode consiste à créer une image, un *neocanal*, qui intègre les informations des trois canaux bruts, sous forme de couleurs.

Le principe de base, établi à partir du système RGB, consiste à attribuer arbitrairement à chacun des trois canaux l'une des trois couleurs fondamentales. Dans le cas des images MSS, cette attribution se fait en fonction des longueurs d'onde que recouvre chacun des canaux :

MSS4 : 0,5 à 0,6  $\mu\text{m}$   $\implies$  vert ;  
 MSS5 : 0,6 à 0,7  $\mu\text{m}$   $\implies$  rouge ;  
 MSS7 : 0,9 à 1,1  $\mu\text{m}$   $\implies$  proche infrarouge ;

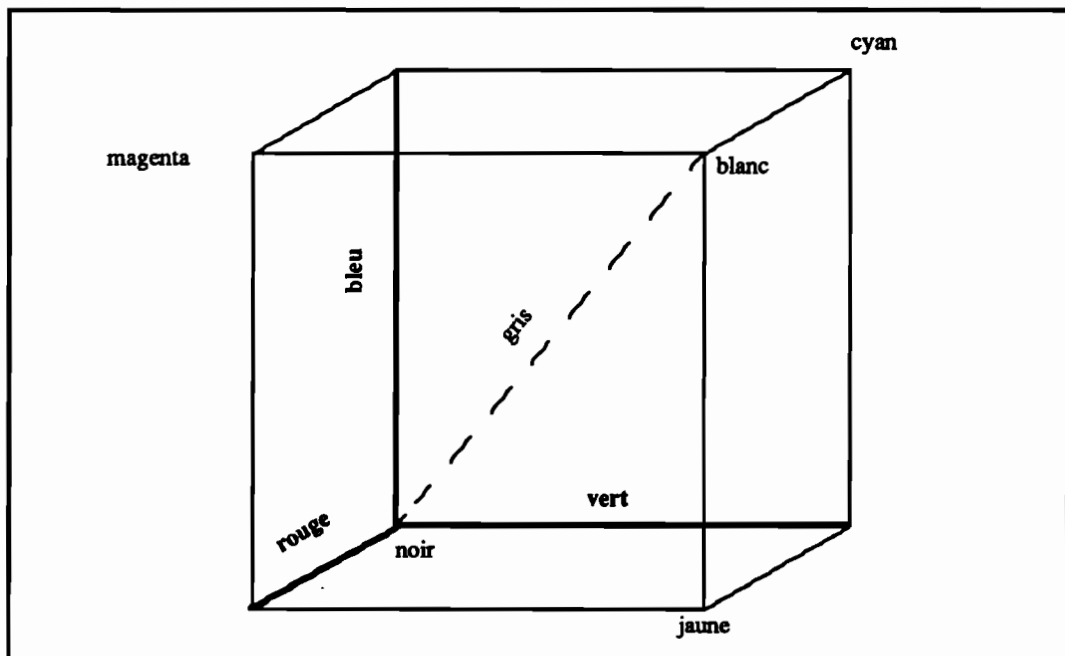


figure 36 : Cube des couleurs (d'après Mather, 1987, p.157).

Les capteurs HRV du satellite SPOT disposent de deux canaux (désignés XS1 et XS2) couvrant le domaine visible, et un canal dans le proche infrarouge (XS3). La pratique la plus

répandue consiste à attribuer le Bleu au canal 1, le Vert au canal 2 et la troisième couleur fondamentale, le Rouge, au canal 3.

Avec des données *analogiques*, film par exemple, la composition colorée est réalisée par superposition de trois films, chacun constituant le support de l'une des trois couleurs. La couleur de chaque point de l'image est alors déterminée par la composition des trois couleurs, en fonction de la densité de chacune d'elles.

Avec des données numériques, la superposition des trois sources d'information ne peut se faire que par recodage des niveaux de gris codés dans les trois canaux.

Le niveau de gris du pixel est originellement codé sur huit bits, de 0 à 255, soit 256 possibilités. Le niveau de gris d'un pixel établi à partir de trois niveaux de gris ayant chacun 256 possibilités, peut donc revêtir lui-même :

$$256 \times 256 \times 256 = 2^{24} \approx 16,8 \text{ millions de possibilités}$$

...nombre codable sur 24 bits. La figure 37 ci-après montre un exemple de recodage de trois nombres de huit bits en un de vingt-quatre :

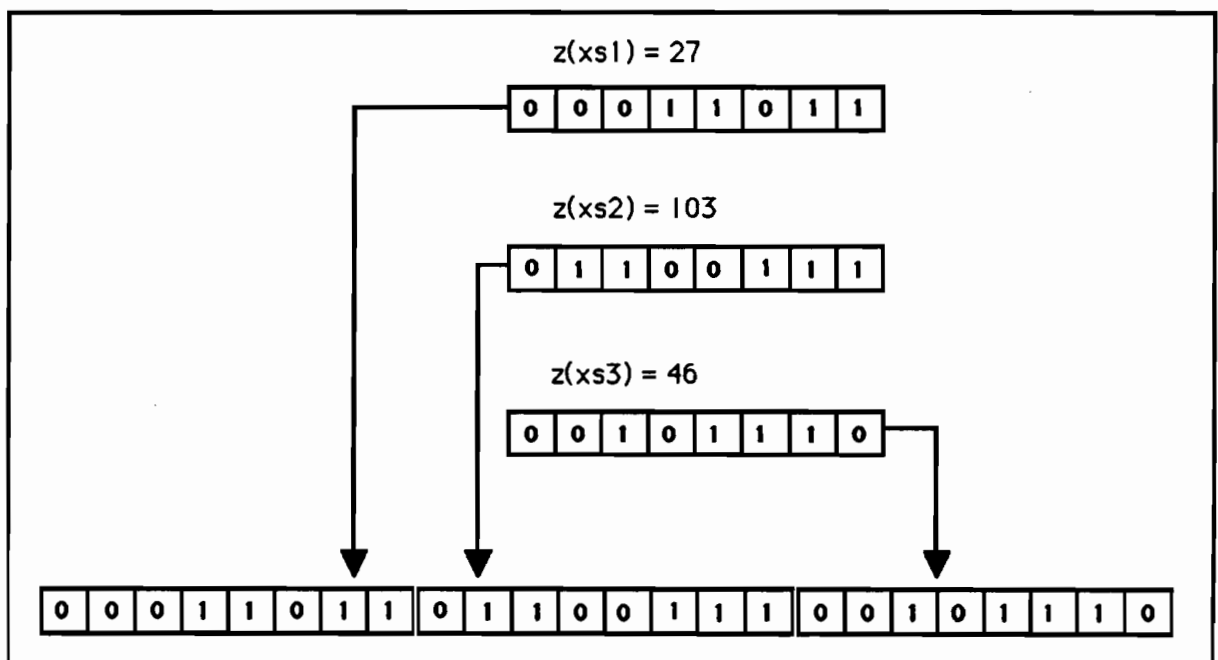


figure 37 : Recodage de 3 nombres de 8 bits en un nombre de 24 bits.

L'image ainsi recodée peut être restituée sur écran par l'intermédiaire d'une Table des Couleurs qui définit une couleur générable sur l'écran pour chaque valeur recodée.

Par cette méthode, on réalise donc une seule image à partir des trois canaux initiaux, c'est-à-dire une synthèse de l'information issue de plusieurs sources. Comme nous le verrons plus loin, l'information résultante, composant ce néocanal, peut être elle-même exploitée visuellement et statistiquement.

Cependant le traitement d'un nombre aussi important de variétés de couleurs reste inaccessible à certains types de matériel de restitution graphique. Le recodage ne peut en effet s'effectuer sur 24 bits, mais sur 16 bits ou moins, selon les performances du matériel.

### 1.2.2. Réalisation de la composition colorée

La composition colorée réalisée à partir de l'image de 1986 a été effectuée au Laboratoire d'Informatique Appliquée sur station SUN-360, matériel qui utilise des données codées sur 8 bits, soit 256 couleurs possibles. Le recodage est donc lui-même réduit à 8 bits au lieu de 24, ce qui exige une *compression* de l'information de 256<sup>3</sup> couleurs à 256, réalisée en réduisant l'information du Bleu à 2 bits, celles du Vert et du Rouge à 3 bits<sup>1</sup> (figure 38).

La réduction de l'information de 8 bits à 2 et 3 bits s'opère par réétalement linéaire des valeurs initiales entre les bornes minimum et maximum choisies par l'utilisateur. Celui-ci peut en effet modifier les bornes du réétalement pour améliorer, par exemple, le contraste visuel de la composition colorée.

Dans le cas présent, on a déterminé les bornes des trois canaux en considérant l'histogramme de distribution des effectifs de pixels par niveaux de gris :

---

<sup>1</sup> 2 bits seulement sont affectés au Bleu, du fait de la moindre aptitude de l'oeil humain à discerner les différences dans cette gamme de couleurs (Rimoux, p.34).

- la borne minimum a été fixée à 1% des effectifs de pixels de plus basses valeurs ;
- la borne maximum : à 1% des effectifs de pixels de plus heutes valeurs.

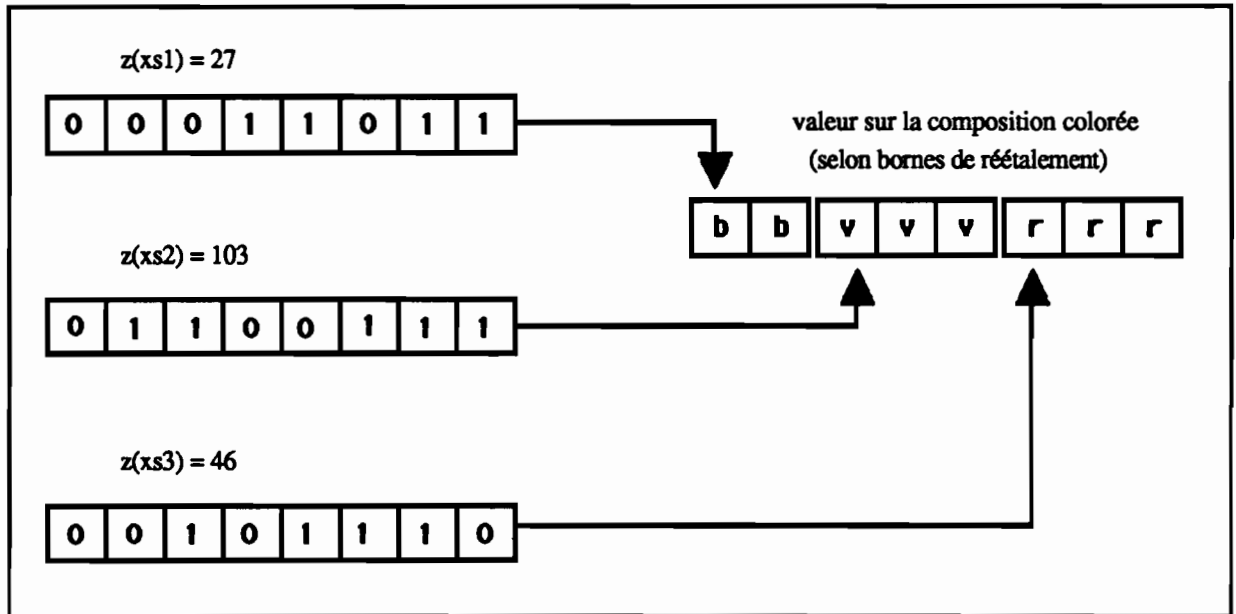


figure 38 : Recodage de 3 nombres de 8 bits en un nombre de 8 bits.

La figure ci-après montre la distribution des niveaux de gris du canal 2, et la détermination des bornes de rééalement.

Une proportion de 98% de la population est donc rééalisée, tandis que 1% est transformé en valeur de gris égale à 0, et 1% en valeur saturée (255). Il a semblé en effet nécessaire d'éliminer du rééalement les valeurs extrêmes des distributions, de façon à créer une image de contrastes satisfaisants, puisque la composition colorée est en premier lieu destinée à une analyse visuelle.

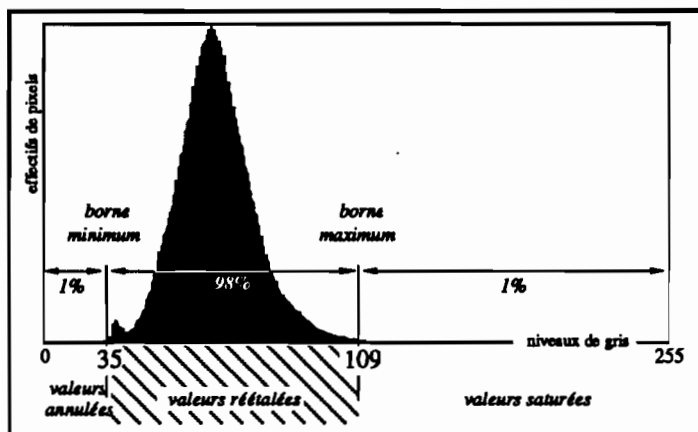


figure 39 : Détermination des bornes de rééalement intervenant dans le calcul de la composition colorée.

Plusieurs essais ont montré que les seuils déterminés par ce critère sur la population, donnaient les meilleurs résultats : de bons contrastes, tout en ne maintenant qu'une proportion de population très faible à l'extérieur des bornes.

Pour les trois canaux, les bornes obtenues sont les suivantes :

*tableau 9 : Bornes retenues pour la composition colorée de 1986.*

	XS1 (bleu)	XS2 (vert)	XS3 (rouge)
borne minimum	44	35	39
borne maximum	107	109	102

Ces bornes déterminent un néocanal composé de 107 couleurs présenté en figure 40, pages suivantes. On trouvera également dans la figure suivante (figure 41) une mire des couleurs classées par ordre croissant de leur valeur de 0 à 255 (dizaines-centaines en ligne, unité en colonne).

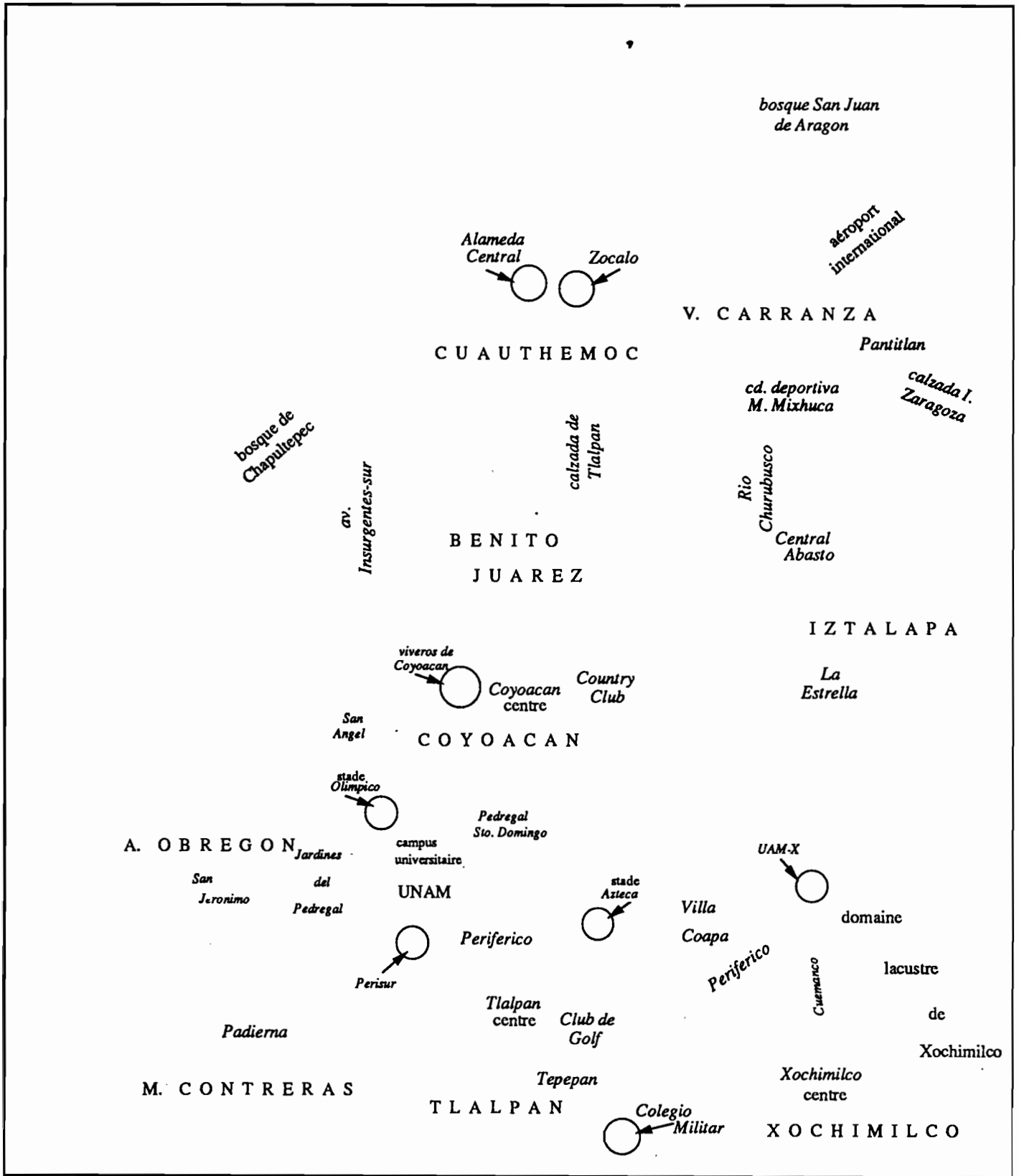
## **2. Aspect général de la composition colorée de 1986, partie sud**

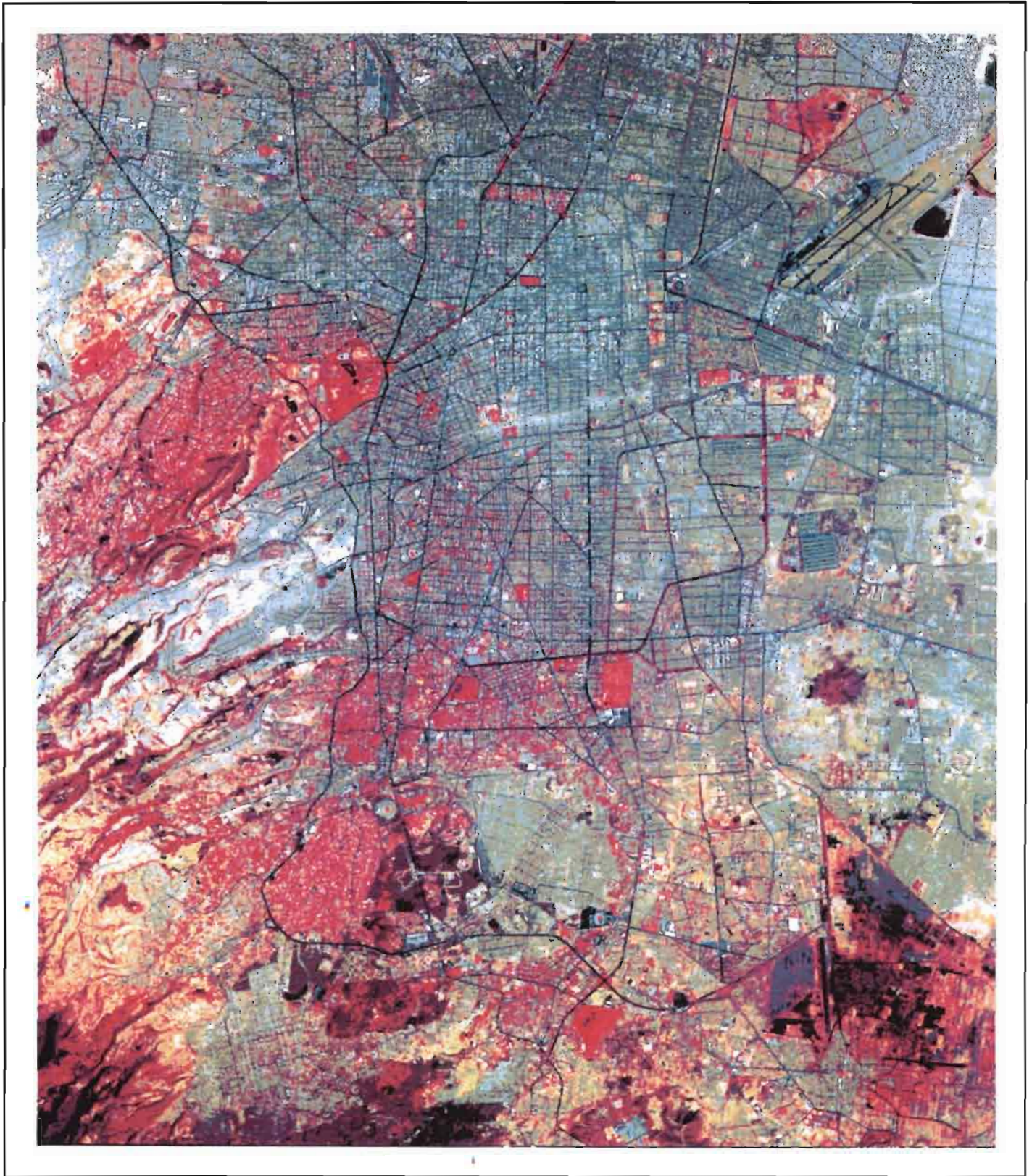
La partie sud de la composition colorée est constituée de plusieurs grands ensembles qui se détachent les uns des autres en premier lieu par leurs couleurs, mais aussi par l'agencement de celles-ci. Nous nous limiterons à présenter les parties est et sud de l'image qui correspondent aux périphéries concernées par notre travail. Toutefois, nous évoquerons rapidement le centre de l'agglomération, étant donné les caractères qu'il présente, et les relations intéressantes d'un point de vue de géographie urbaine, que l'on peut établir entre l'image et les structures de l'agglomération exposées dans la première partie (voir chapitre 3).

Afin de montrer notre démarche, nous détaillerons l'analyse des deux premiers secteurs seulement ; les caractères des sept secteurs suivants seront résumés.

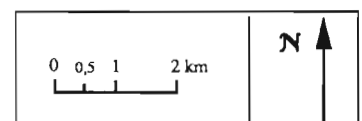
Neuf secteurs, en effet, se distinguent aisément à la vue :

1) au centre du secteur étudié, apparaît une vaste tache de couleur vert foncé kaki, au contour diffus, par endroit ponctuée de microtaches blanches qui viennent généralement en essaims.

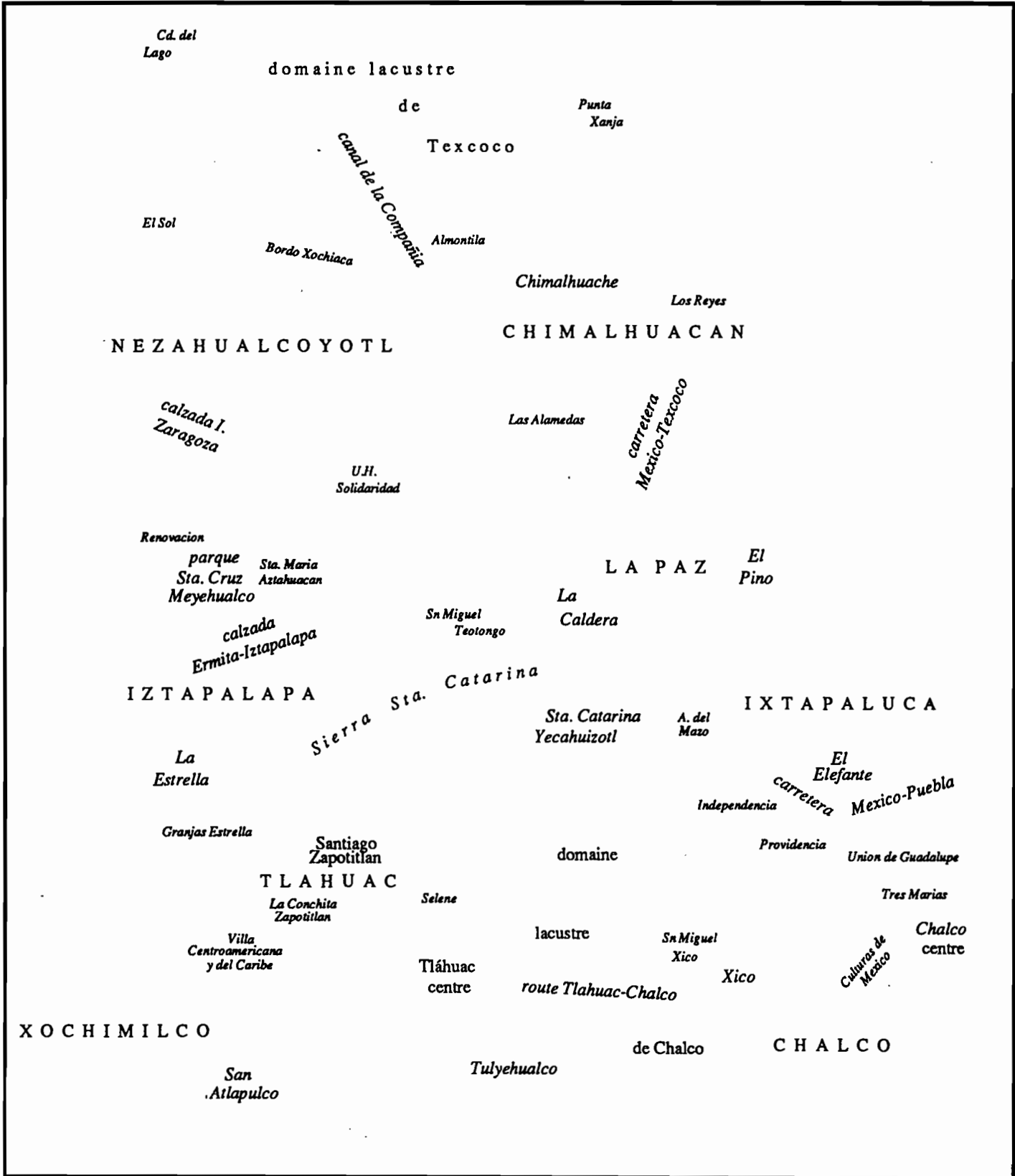




*figure 40a : La composition colorée de 1986, zone d'étude (secteur ouest).*







Cd. del Lago

domaine lacustre

de

Punta Xanja

Texcoco

El Sol

*canal de la Compania*

Bordo Xochiaca

Almontila

Chimalhuache

Los Reyes

NEZAHUALCOYOTL

CHIMALHUACAN

*calzada I. Zaragoza*

Las Alamedas

*carretera Mexico-Texcoco*

U.H. Solidaridad

Renovacion

parque Sta. Cruz Meyehualco  
Sta. Maria Aztahuacan

L A P A Z

El Pino

*calzada Ermita-Iztapalapa*

Sn Miguel Teotongo

La Caldera

IZTAPALAPA

*Sierra Sta. Catarina*

Sta. Catarina Yecahuizotl

I X T A P A L U C A

La Estrella

A. del Mazo

El Elefante

Independencia

*carretera Mexico-Puebla*

Granjas Estrella

Santiago Zapotitlan

domaine

Providencia

Union de Guadalupe

TLAHUAC

Selene

Tres Marias

La Conchita Zapotitlan

lacustre

Sn Miguel Xico

Chalco centre

Villa Centroamericana y del Caribe

Tláhuac centre

*route Tlahuac-Chalco*

Xico

*Culturas de Mexico*

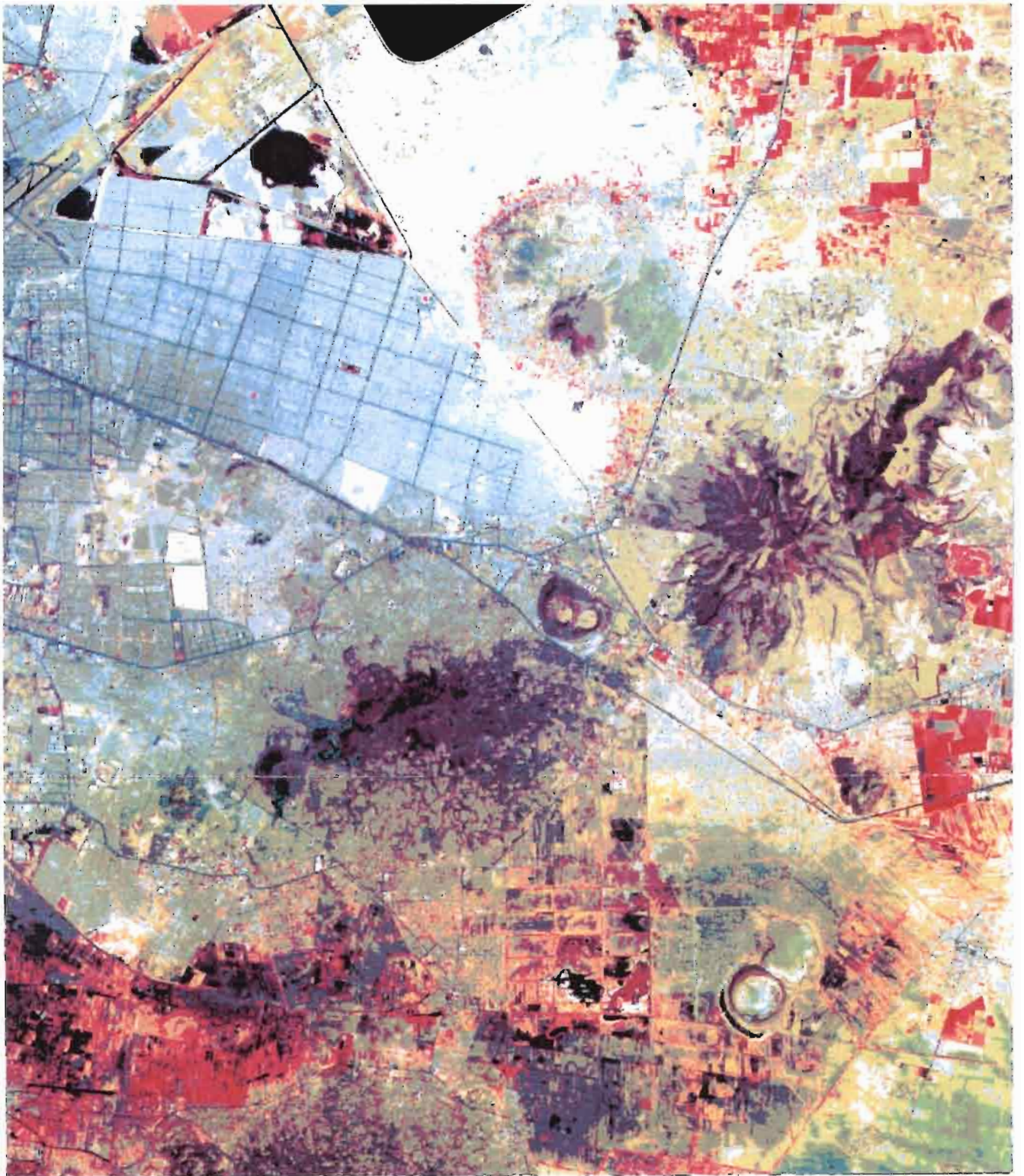
XOCHIMILCO

San Atlapulco

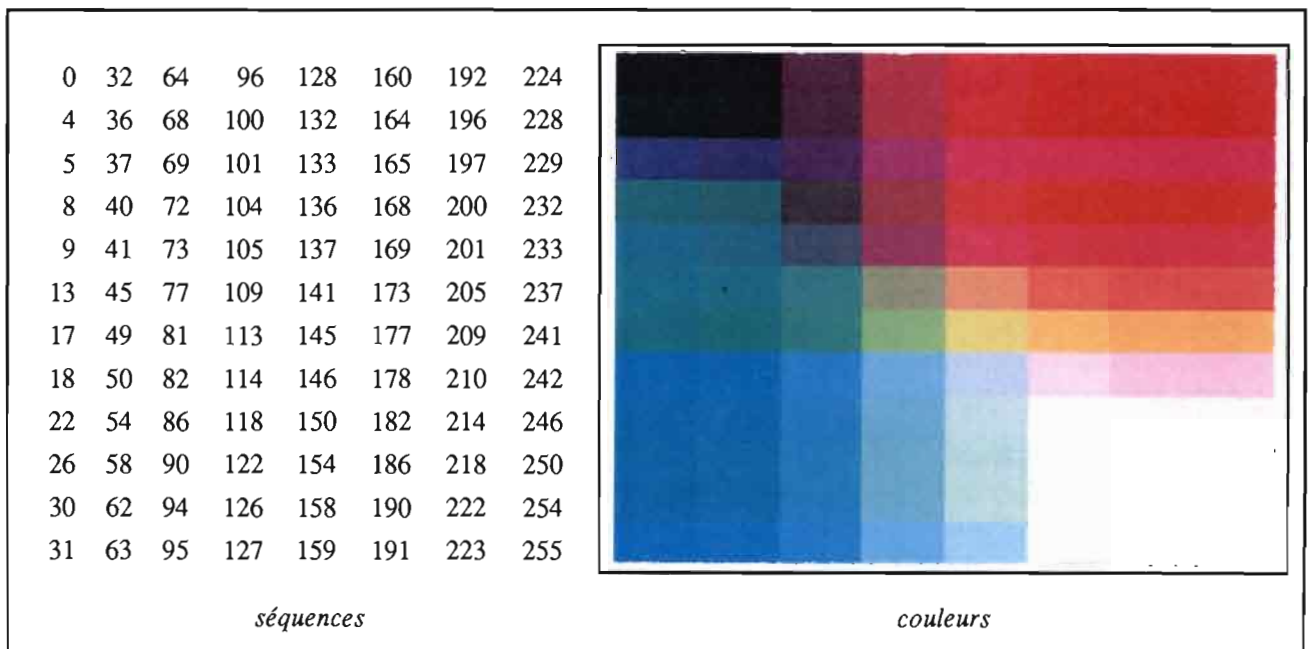
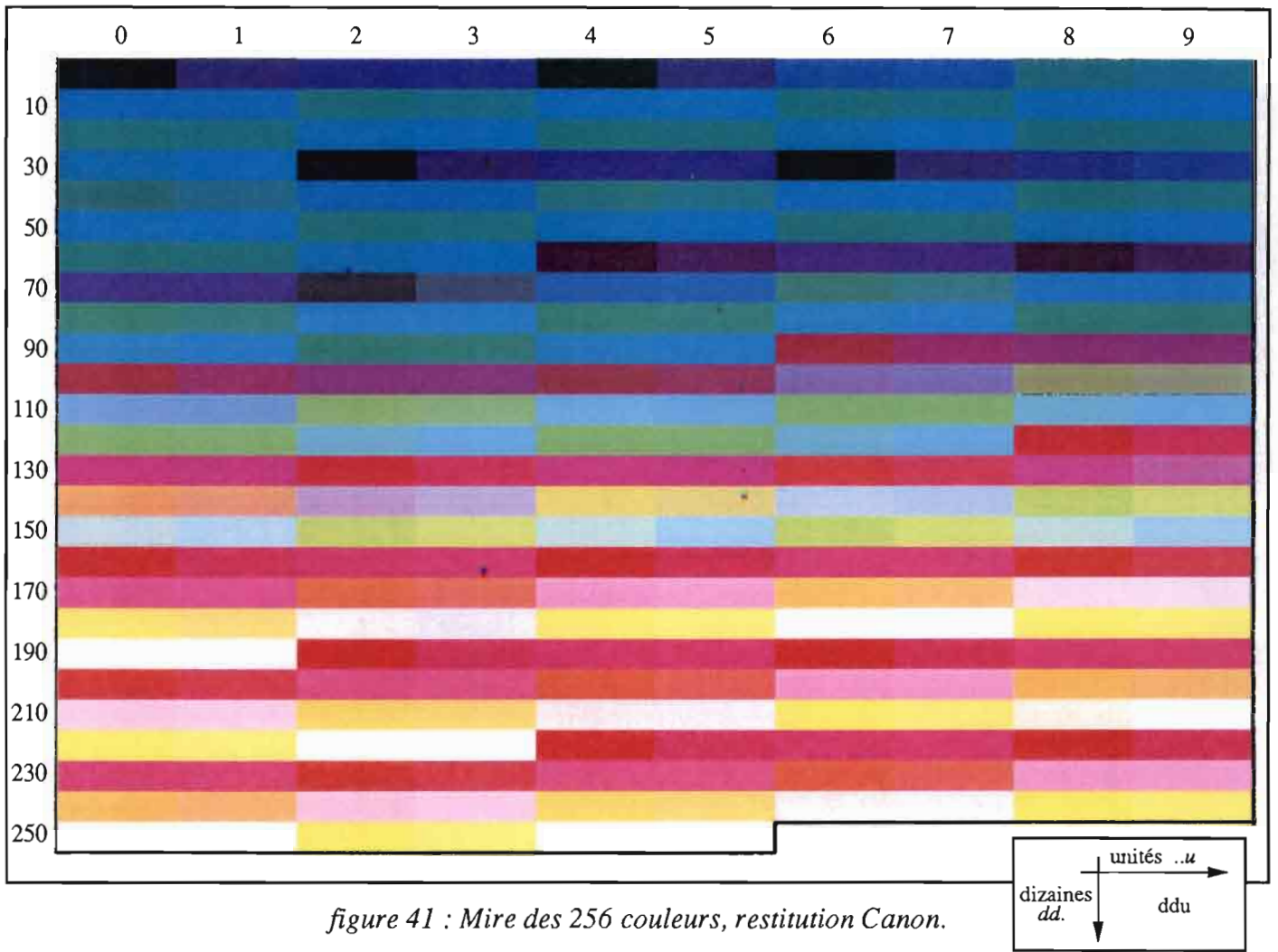
Tulyehualco

de Chalco

C H A L C O



*figure 40b : La composition colorée de 1986, zone d'étude (secteur est).*



Ces essaims se trouvent surtout dans le centre de la tache, mais il en existe également dans l'ensemble des directions (en particulier à l'est et au nord).

Cette tache kaki est également caractérisée par la présence de linéaments, de couleur plus foncée, presque noire, qui la traversent de part en part, de manière généralement rectiligne et de direction en majorité nord-sud et est-ouest. Un linéament se détache des autres par son contour plus sinueux et son tracé grossièrement rectangulaire autour du centre de la tache.

Entre les mailles de ces droites orthogonales, on remarque de nombreux segments de petite taille, plus fins, dont la couleur tranche moins avec le fond vert. Ces segments s'organisent également de manière orthogonale.

On notera encore la présence, assez rare, de rectangles rouge plus ou moins vif, et une fréquence de points rouges plus forte vers l'extérieur sud-ouest de la zone, jusqu'à former des essaims assez compacts.

2) à l'est de ce premier élément, on distingue nettement un ensemble de couleurs plus claires que la région précédente, où dominant le mauve, auquel s'associe un vert clair sur les extrémités nord et est de la région. Les limites de cet ensemble sont précises, rectilignes au nord, plus diffuses au sud-est et au sud-ouest.

Sur l'ensemble de sa surface, s'étend une trame orthogonale composée de linéaments rectilignes, vert foncé. Entre les éléments de surface quadrangulaire ainsi découpés, on devine par endroit, plutôt qu'on ne voit, de courtes séquences de pixels de même couleur dont l'ensemble semble adopter en pointillé des directions préférencielles, parallèles à celles des linéaments.

On remarque quelques rares microrectangles de couleur blanche, deux de couleur rouge, et un marron foncé.

3) plus à l'est encore, une plage vert clair s'étire vers le nord en arc-de-cercle, formant les deux tiers d'une circonférence, et s'éclaircissant en ses franges nord et nord-est (bleus très clairs et blancs). Les constituants blancs augmentent en proportion à l'extrémité orientale, formant des plages compactes et quelques alignements plus ou moins continus. La limite intérieure de la

plage en arc-de-cercle est bordée d'un liseret composé d'une continuité de pixels à divers tons de rouge.

4) au sud du second élément, séparée de celui-ci par un linéament long et large, s'étend une région plus hétérogène composée de sous-régions :

- nuages de points vert clair sur fond vert foncé ;
- taches mauves au nord-ouest et gris-bleus au sud-ouest.

Vers l'est, on observe l'intersection de plusieurs linéaments, en même temps que l'apparition de microsursfaces blanches ou bleu clair.

5) vers le sud-est, les linéaments issus de ce carrefour nous conduisent à un ensemble de points assez clairs : blancs, jaunes, bleu clair. Plus loin, ils doublent des ensembles gris et bleu-vert, avec des nuances rougeâtres et des taches rouges. Les linéaments amorcent une courbe et repartent vers l'est-nord-est, en direction de formes géométriques découpées orthogonalement qui se signalent par la vivacité de leur couleur rouge.

6) à l'extrême sud-ouest de la région d'étude, on retrouve le type de mosaïque qui caractérise le sud-ouest de la zone centrale de l'image (voir figure 40) : nuages de pixels de tous niveaux de rouge sur fond kaki. On remarque également la présence de larges surfaces relativement uniformes à couleurs rouge foncé et brunes.

7) à l'est de ce sixième secteur, l'image est constituée d'une grande quantité de microsursfaces de toutes couleurs, plus ou moins regroupées, qui font de cette zone l'une des plus hétérogènes de la scène. Le fond lui-même montre une discontinuité de l'habituel vert kaki par endroit troué de plages beiges ou brun clair. Quelques linéaments de couleur sombre divisent la zone, mais ils ne sont pas disposés selon une organisation précise. La zone se prolonge vers l'est par un cordon diffus où des particules violettes viennent s'intercaler dans la discontinuité kaki.

8) au nord de ce cordon, s'étend une zone de couleurs rouges et bleu foncé, au contours nets, au-delà de laquelle se localise une nouvelle région où prédomine le vert. Cette région se divise

en deux éléments distincts :

- à l'ouest, le fond est ponctué de pixels gris-bleu ou vert clair, le plus souvent assemblés en petits groupes ;
- les petites plages brunes et beiges remplacent ici les gris-bleus. On devine également des figures régulières qui font partie d'une vaste ensemble découpé réticulairement.

9) une forme circulaire, mais de taille plus petite que celle de la troisième zone, caractérise en premier lieu ce dernier secteur. Au nord de cette forme circulaire, sont situées deux sous-régions :

- une zone où sont associées les couleurs kaki et brun-bleuté, en plages irrégulières séparées, ou alternées et alignées. On remarque également une certaine fréquence de microplages brun-clair alignées ;
- en contact avec le secteur 5, une zone en forme de triangle s'étire, le sommet pointé vers le nord. Ses caractéristiques de couleur se signalent par un assemblage de plages irrégulières gris-bleu et jaune-vert, piquées de pixels bleu-vert ou marron. Ces associations confèrent à la zone une texture peu régulière.

### **3. Relations entre les caractères observés sur la composition colorée et l'information géographique**

Nous reprendrons ici les grandes parties décrites ci-dessus à partir de la composition colorée, et nous identifierons plus précisément les caractères de l'image pour les mettre en relation avec les constituants du milieu urbain. Nous reprendrons l'essentiel du plan de présentation des structures des délégations et des municipales, chapitres 4 et 5.

Nous préciserons certaines des valeurs attribuées aux pixels lors du calcul de la composition colorée (exemple : *couleur 109* ou *V109*). Il est évident que ces valeurs de couleur ne sont pas absolues, mais dépendent directement des bornes choisies. Par ailleurs, la description des couleurs portée dans l'exposé (notamment les nuances de bleus ou de verts...) est subjective, soumise l'appréciation de l'observateur et aux conditions d'observation : les nuances de couleur, en particulier, peuvent varier d'un écran à l'autre ou selon les dominantes locales. Seule, l'indication des valeurs numériques permet donc d'effectuer des comparaisons objectives à l'intérieur d'une même image, indépendamment des conditions d'observation ; ce sont d'ailleurs les effectifs de ces valeurs de couleur qui seront par la suite analysés statistiquement.

On pourra se reporter à la mire présentée en figure 41 pour apprécier les couleurs décrites<sup>1</sup>.

Ainsi que nous l'avons fait ci-dessus, nous détaillerons les relations de l'image avec l'information géographique pour les deux premiers secteurs. Nous nous limiterons aux caractères les plus importants pour les secteurs suivants.

### 3.1. le Centre

Le vaste ensemble que nous avons individualisé sur la composition colorée correspond au centre de l'agglomération : délégations de Cuauhtemoc, V.Carranza, B.Juarez, Iztacalco, et Azcapotzalco au nord-ouest dont nous savons qu'elles correspondent aux quartiers les plus anciens. Nous avons signalé la forte densité de population et, corrélativement, du bâti de ces colonies ; celui-ci correspond sur l'image à une proportion élevée de pixels de couleur vert foncé (valeur de couleur 77) associés à un vert marron (valeur V109).

Le plan d'occupation du sol nous rappelle la rareté des espaces ouverts avec tout de même la présence de jardins publics comme la Alameda Central, le Parc du Général S. Martin de forme ovale, le jardin du Centre Médical, le cimetière Panteon Francés, ou encore la vaste Cité Sportive M. Mixhuacaca... Cette rareté se traduit sur le document satellitaire par le faible nombre de taches rouges, mais leur taille assez importante permet de les repérer aisément. Le ton assez vif des rouges (valeurs : 132 et 165 ; fortes réponses dans le canal de l'infra-rouge) est la marque d'une végétation à forte activité chlorophyllienne malgré l'avancement de la saison sèche (mois de Mars), ce qui indique le bon entretien de ces espaces verts.

On remarque également la présence de linéaments rouges, plus sombres (valeurs proches de 100), alternant avec des éléments filiformes bleu marine (valeur 73) localement associé à un marron foncé V68 ; il s'agit de grandes avenues comme celles de la Reforma, de Insurgentes-norte, de Rio Churubusco, à l'est... bordées d'arbres ou à terres-pleins herbus.

---

<sup>1</sup> Toutefois, on fera remarquer que les couleurs présentées ici, sur papier, diffèrent de celles apparaissant sur écran...

Dans la description générale, nous avons noté sur l'image la présence de concentrations de points rouges dans le sud-ouest du secteur. Ce sont les quartiers moyens et aisés de l'ouest de la délégation B.Juarez et, plus au sud, se densifiant, ceux d'A. Obregon et de Coyoacán. Au contraire de la zone centrale, ces quartiers se caractérisent par une forte proportion de maisons individuelles entourées de jardins entretenus, parfois arborés, d'où une densité démographique plus faible (inférieure à 10.000 hab./km<sup>2</sup>). A l'extrémité sud de la zone décrite, le fond vert disparaît sur le document en faveur des rouges : ce sont le vieux et luxueux quartier de San Angel, à l'ouest, et l'ancien village de Coyoacán aujourd'hui centre de la délégation.

Tous les espaces verts du Centre ne bénéficient pas du même entretien : à l'est, le parc V.Carranza, ou certains terrains de la Cité Sportive se signalent par leur état de dégradation : des couleurs jaunes et des beiges rosés sur l'image qui montrent la rareté de la végétation et l'existence de sol nu.

L'image SPOT montre par ailleurs des essaims de points blancs ou bleu clair (valeurs de couleur >200), souvent environnés de taches à surface plus grande, de couleur gris bleuté (valeur 114) ou gris vert (V150), distribuées semble-t-il de manière aléatoire, mais de forme généralement géométrique (rectangles). Par leur étendue, on remarque en particulier ceux de l'est, ceux proches du Zocalo, et les groupements du nord et du nord-ouest.

A l'est, le Plan d'occupation du sol d'Iztacalco montre que ces caractères de l'image correspondent à des zones industrielles (Pantitlán, Granjas Mexico...), ce que confirme le Plan de V. Carranza, en particulier au sud de l'aéroport international. Ces groupements de figures géométriques claires peuvent également correspondre à des infrastructures de service : les larges bâtiments de l'aérogare et les hangars des activités liées aux transports aériens.

Alors que le quartier industriel de Pantitlán comprend également des unités d'habitation, ce qui se traduit sur l'image par une association de couleurs vertes et grises, les quartiers d'Azcapotzalco, au nord-ouest, exclusivement industriels (*Industrial Vallejo...*) ou d'infrastructures de service (gare de marchandises), offrent à la vue des couleurs gris bleuté sur le document SPOT.

On observe également ces formations en grand nombre dans le Centre, un peu au sud du Zocalo, vers la colonia *Roma* et la *Merced Balbuena*. La délégation Cuauhtemoc est en effet une



zone de services et d'habitation, accueillant parfois quelques petites entreprises industrielles (*Atlampa*, métro Isabel la Católica...). Toutefois, le nombre de ces points clairs semblent trop nombreux pour ne correspondre qu'à des locaux utilitaires somme toute logés dans des bâtiments souvent anciens ; ils correspondent plutôt aux immeubles touchés par les graves tremblements de terre de Septembre 1985, et en cours de reconstruction (Bataillon, 1987, p.48).

On notera que le grand ensemble de Unidad Nonoalco Tlatelolco ne se distingue qu'indirectement sur l'image, par l'intermédiaire des espaces verts qui séparent les immeubles.

Cette partie de l'image est également intéressante pour la présence de nombreux linéaments qui apparaissent avec des couleurs plus sombres sur les fonds verts : essentiellement les valeurs 36, 41 et 73 sur notre composition colorée. On remarque sans peine que la couleur est liée à la largeur du linéament : plus sombre pour les éléments larges (V36 et V41), plus claire pour les linéaments et les segments fins<sup>1</sup>. Les surfaces exceptionnellement larges, comme celles des pistes et des *taxis-ways* de l'aéroport se traduisent sur l'image par des valeurs très basses (valeur 4).

L'explication en est aisée : les surfaces goudronnées sont caractérisées par de très basses réponses dans l'ensemble des canaux. En présence d'un objet très large, le groupe de pixels centraux se caractérisent par des réponses très proches du matériau de surface pur qui correspondent à une couleur basse de valeur 4.

Au contraire, si l'objet au sol est de petite taille ou étroit, le pixel peut se trouver "à cheval" sur l'objet et son environnement et intégrer des réponses hétérogènes. Dans une moindre mesure, intervient la diffusion atmosphérique par laquelle un objet à réponse élevée influence les réponses plus basses de son voisinage.

Corrélativement, l'analyse de la répartition des couleurs dans l'espace, montre des associations et des voisinages de couleurs préférentiels. Sur un fond de niveau 77, un linéament large de

---

<sup>1</sup> S'ajoutent également les linéaments de couleurs rouges évoqués ci-dessus.

valeur 36 est généralement bordé d'une double rangée de pixels de valeurs intermédiaires 41 et 73, de l'intérieur vers l'extérieur, disposées en quinconce. Si le fond est de niveau 109, la valeur 77 vient en bordure supplémentaire.

Cette constatation est importante si l'on veut procéder ultérieurement au traitement plus avancé de l'image (extraction de particules par exemple).

Les linéaments qui apparaissent sur l'image, correspondent bien entendu aux principaux axes du réseau de communication du Centre. L'analyse appelle plusieurs remarques :

- on retrouve les grandes structures telles que nous les avons présentées (voir chapitre 3) : un réseau réticulaire dense qui draine les délégations du Centre d'est en ouest et du nord au sud, avec une distribution spatiale régulière, des linéaments qui s'échappent de cette trame vers le nord et le nord-ouest, plus rarement vers l'ouest et le sud-ouest. La figure 43 de la page suivante représente les éléments de voirie extraits par simple discrimination des couleurs 36 et 41. On pourra la comparer avec la figure 25 du chapitre 3 ;
- on distingue l'ensemble du réseau principal : les *ejes viales* (valeur 73), les grandes avenues : Reforma, Insurgentes, calzada de Tlalpan, du Circuito Interior et du Périphérique dont la largeur explique les valeurs basses sur l'image (V36 et V41, bordées de pixels de valeur 73), et vers l'est, la large avenue I.Zaragoza ;
- une partie du réseau secondaire apparaît aussi, orthogonal, positionné entre les axes principaux. Il est représenté sur l'image par deux valeurs : 73 et 77, certains éléments du réseau étant composés alternativement des deux niveaux. Dans le nord-est de notre zone, le réseau est moins nettement visible par endroits ;
- nous avons déjà évoqué les allées bordées d'arbres qui se remarquent sur l'image par des linéaments aux variantes rouges. Dans les anciens quartiers du sud-ouest, à Coyoacán surtout, on peut observer un réseau réticulaire constitué de segments de niveau 73, complétés de segments de couleur pourpre (valeur 105) qui révèlent la couverture arborée des rues de ce quartier typique ;
- la calzada de Tlalpan se remarque à l'écran par sa largeur (2 à 3 pixels) et sa parfaite rectilignité. Elle est interrompue à intervalle régulier par des particules plus claires (verts ou bleus clairs) : les stations du métro aérien.

On peut signaler, enfin, une dernière particularité de l'image : un peu au sud du Zocalo, on observe une traînée laiteuse, longue et étroite, de couleur blanchâtre et aux contours diffus. Elle pourrait correspondre à une fumée d'usine orientée par les vents, mais sa discontinuité, sa faible largeur sur l'ensemble du tracé et sa grande longueur (environ 4 kilomètres) l'infirmement. Il s'agit en réalité du percement de la ligne 9 du métro Tacubaya-Pantitlán, comme l'attestent les



plans SIGSA de 1986 (SIGSA, 1986). On retrouve en effet le tracé de la future ligne, caractérisé sur l'image par un linéament de couleur claire qui correspond à un sol dénudé. L'irrégularité des limites du chantier, la poussière soulevée par les travaux, les dépôts voisins de matériaux... expliquent les contours latéraux diffus de cette "queue de comète" sur l'image. A proximité de certaines intersections avec des axes importants, on observe un alourdissement ponctuel de la tache, probablement lié à la construction des stations et des correspondances avec d'autres lignes....

Un phénomène identique est observable à l'est, sur le tracé du coude que forme Rio Churubusco ; la voie existant antérieurement, il s'agit plutôt de travaux d'élargissement ou d'adaptation de l'avenue.

L'analyse du Centre nous a permis de dégager un certain nombre de caractéristiques du domaine urbain représenté sur l'image SPOT. Voyons maintenant en quoi les quartiers périphériques diffèrent de ces caractéristiques et comment ils se signalent.

### **3.2. Nezahualcóyotl**

Nous avons noté ci-dessus la régularité des contours de ce municipe que l'on retrouve nettement sur l'image, en particulier les limites septentrionales remarquables pour leur rectilignité, matérialisées sur l'image par la rupture des couleurs correspondant aux quartiers avec celles de la zone inondable. A l'ouest, la frontière n'est pas marquée par la discontinuité du bâti, mais par un changement brutal dans la gamme des couleurs présentes sur l'image : verts sombres des quartiers de V. Carranza, mauves et bleus de l'autre côté de la limite formée par l'avenue Rojo Gomez.

Plusieurs couleurs se partagent le territoire de Nezahualcóyotl avec une répartition spatiale qui ne semble pas aléatoire. Au nombre de quatre, elles se distribuent et se regroupent comme suit :

- dans le sud-ouest, une petite zone assez homogène, en demi-cercle, où prédomine le vert marron V109 que nous avons également rencontré en abondance dans le secteur du Centre ;
- les limites de cette zone vert marron sont marquées par la présence d'un gris-bleu (V114) qui se localise plutôt dans la moitié ouest du municipe ; il est fréquemment associé à un mauve (valeur 146) ;

- plus vers l'est et vers le nord, le bleu cède la place à un vert clair (valeur 150), alors que la densité du mauve se maintient ;
- le mauve V146 est donc dispersé sur l'ensemble du secteur, excepté en présence du vert marron V109.

La présentation géographique nous a appris que Nezahualcóyotl est un quartier relativement récent. On sait également que ce municipe assez densément construit se caractérise par une urbanisation homogène, essentiellement à usage d'habitation, et pratiquement sans équipements industriels.

Le changement des couleurs dominantes observées selon le lieu ne semble donc pas pouvoir s'expliquer par des types d'occupation du sol différents, mais plutôt par l'âge des quartiers. Les premières colonies, en effet, sont apparues dans le sud-ouest voici 40 ans (quartier *Raul Romero*), et la couleur correspondante est identique à celle du Centre-sud. La différence de couleurs est due au vieillissement des matériaux de toiture et à la stabilisation de la voirie (goudronnage), plus avancée dans l'ancien quartier, ce qui a pour effet de masquer le sol salin poussiéreux.

Les quartiers se sont ensuite développés vers le nord et vers l'est au cours des années 50 et 60, et nous avons vu que la couleur prépondérante passait au gris-bleu V114 dans ces directions, puis au vert clair V150 aux limites de Nezahualcóyotl.

Sur la composition colorée, on retrouve également des linéaments qui correspondent aux principaux axes routiers du municipe : une dizaine d'avenues nord-sud, et quatre est-ouest. Tout comme le réseau du Centre permet de retrouver son extension et son intégration sur l'image, la trame visible de Nezahualcóyotl matérialise la propre identité et l'unité urbaine de ce municipe, au-delà des différences de couleurs que nous avons signalées. L'analyse et les conclusions sur la partition et l'intégration locale de l'espace urbain menée à partir de documents exogènes (chapitre 3) peuvent donc être retrouvées à partir de l'information satellitaire.

Il est intéressant de noter que les valeurs de couleur des linéaments de cette région de l'image, sont décalées par rapport à celles observées dans le Centre. Ainsi, les valeurs les plus basses ne sont pas inférieures à V73 et atteignent plus fréquemment V77 en alternance avec V109, selon

un mode d'association et de voisinage analogue à celui observé pour les valeurs 36, 41 et 73 du Centre globalement plus sombre.

En revanche, le réseau secondaire est globalement moins visible dans cette zone que dans le Centre. On ne perçoit guère de linéaments complets, mais seulement quelques brèves séquences de pixels alignés, dont la couleur varie notablement selon la couleur du fond et les linéaments :

- dans la zone sombre au vert marron 109, les alignements est-ouest sont de couleur vert V77, alors que les éléments transversaux, plus discontinus, ont un ton de niveau plus élevé : gris-bleu V114 ;
- dans les zones plus claires où domine nettement le gris-bleu V114 en fond, les linéaments apparaissent en vert V109, surtout dans le sens nord-sud ;
- sur un fond mauve V146, les linéaments continus est-ouest apparaissent en bleu-gris V114, et les éléments transversaux, plus discontinus, en vert clair V150 ;
- sur les surfaces à dominante vert V150, à l'est et au nord-ouest, on ne distingue aucun linéament même discontinu.

La figure 44 de la page suivante illustre la complémentarité spatiale des couleurs dans ce contexte avec :

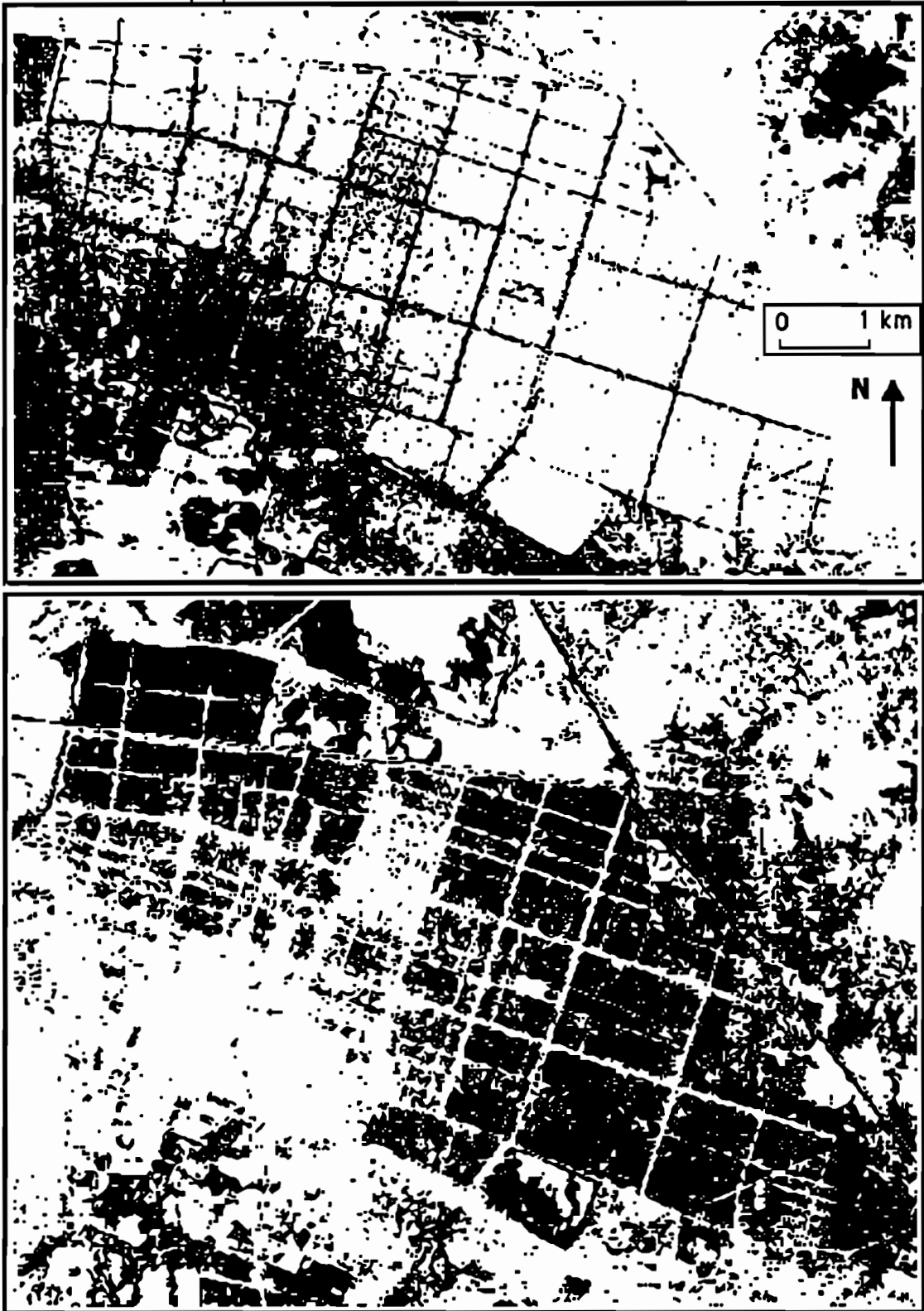
- en haut, le réseau de voirie principale et le quartier le plus ancien *Raul Romero* (couleurs : 73, 77, 109 et 113) ;
- en bas, la surface bâtie des quartiers les plus récents nord et est (couleurs : 146, 150, 178 et 182).

Bien que très ténus, certains caractères du réseau secondaire transparaissent sur l'image multibande, en particulier l'espacement plus réduit des rues nord-sud et donc l'orientation des manzanas dans cette direction (chapitre 4, § 1).

Deux facteurs peuvent expliquer par ailleurs les différences de couleurs des rues selon leur direction :

- étant donné la période de l'année (mars) et l'heure (17h), les ombres des constructions sont portées sur les rues est-ouest, tandis que les voies perpendiculaires sont éclairées plus directement ;
- d'après les photos aériennes, il semble qu'un plus grand nombre de rues est-ouest soient goudronnées, puisque les communications avec le reste de l'agglomération se font surtout selon

*nota* : échelle identique pour les deux illustrations.



*figure 44* : Association de couleurs correspondant à une complémentarité dans le tissu urbain (Nezahualcōyotl).

cette direction. L'absence d'information précise sur l'état de la voirie en 1986, ne permet pas d'être plus affirmatif sur ce point.

### 3.3. Chimalhuacán

Sur l'image, on reconnaît bien le cerro de forme circulaire, et la demi-couronne urbanisée. Le piémont du cerro actuellement en voie d'urbanisation, est caractérisé par un solontchak, sol sodique salin particulièrement sec (Aguilera Herrera & Cervantes Borja, 1988, p.27, voir chapitre 1). Très compact et lisse en saison sèche de par son pH élevé, ce type de sol plat peut produire des effets spéculaires, et renforcent des réponses radiométriques déjà fortes de par la présence des composés salins. Par ailleurs, le sel a la propriété de remonter à la surface en saison sèche, ainsi que de limiter le développement d'une couverture végétale.

Sur l'image, deux couleurs dominantes correspondent à ce sol particulièrement réfléchissant ; leurs proportions déterminent des secteurs :

- du sud à l'ouest, un vert-jaune (valeur 186), intimement associé à un marron clair (valeur 182). Cette région correspond sur le terrain à des terres moyennement urbanisées (colonies *M. Actipac*, *Tequesquahuac*...) aux petites habitations dispersées. Le terrain dénudé apparaît en larges surfaces avec des couleurs violentes (valeurs 187, 191, 223, 255...) et, selon la concentration des constructions, les couleurs correspondant aux quartiers bâtis oscillent entre V182 et V186.
- du nord-ouest au nord, une plage bleu clair (valeur 187) et des taches blanches (valeur 255). Le tissu urbain est trop relâché pour offrir les caractéristiques de couleur typiques. Deux à trois alignements un peu plus denses se remarquent au nord-ouest par leur vert V186 ; ils correspondent aux axes de communication disposés radialement, au long desquels les habitations se sont construites plus densément ;
- plus à l'est, l'urbanisation se caractérise par des alignements de petites maisons distantes les unes des autres, souvent précaires, forme de colonisation guère visible sur une composition colorée. Par ailleurs, les fortes réponses radiométriques du milieu pédologique surpassent notablement celles du bâti. Le pouvoir réfléchissant du sol est renforcé par la dégradation de la surface due aux activités urbaines qui s'y déroulent : passages, piétinements, dépôts, chantiers, poussière déposée sur les surfaces plus sombres...

L'illustration ci-dessous (figure 45) montre la répartition des couleurs 191, 223 et 255<sup>1</sup> et leur configuration ; la zone urbanisée n'est pas directement visible : nous pouvons la déduire par les

---

<sup>1</sup> Ces trois couleurs ont été discriminées par élimination des autres niveaux de la composition colorée, puis binarisées.



formes qui apparaissent, surtout les linéaments et des groupements de points, par opposition aux taches compactes du domaine non urbanisé.

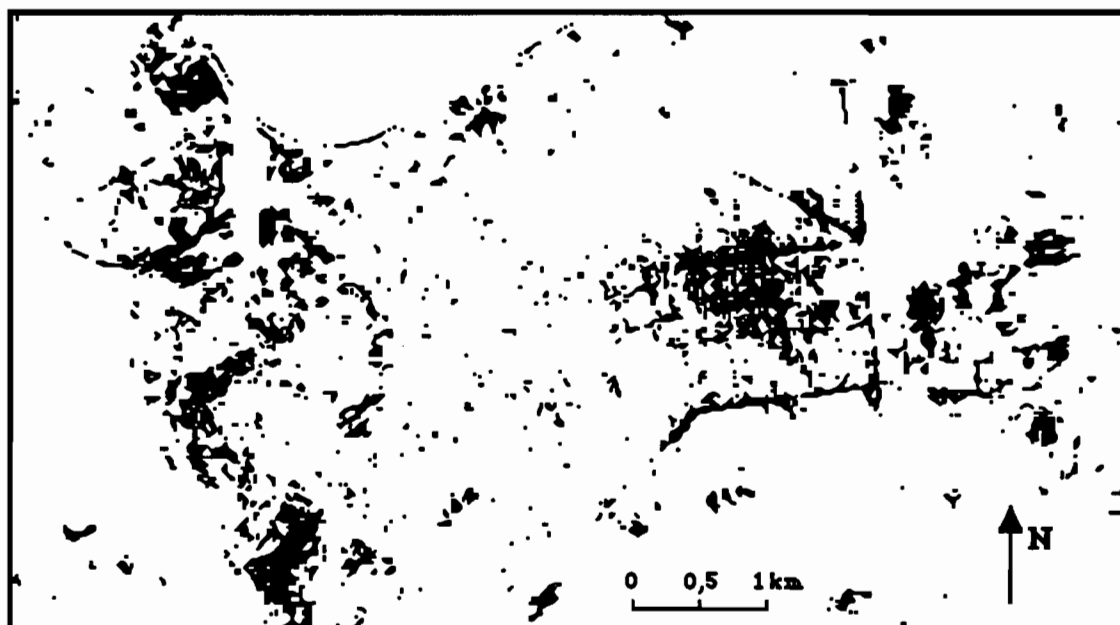


figure 45 : Configurations des couleurs 191, 223 et 255, au nord de Chimalhuacán.

Le vaste triangle noir, à peu près au centre de ce secteur, agrandi ci-dessous, correspond à une aggravation locale des caractères pédologiques ; ces circonstances produisent une vue *en négatif* des conséquences de l'urbanisation dans ce quartier.

La faible densité urbaine laisse dominer les caractéristiques radiométriques du sol. Cependant, la succession d'un bâti à réponses plus basses le long des rues, masque localement la couverture pédologique, et reconstitue des segments qui se devinent ici en blanc sur fond noir.



Sur les limites orientales du nouveau Chimalhuacán, le bâti s'estompe, et les plages colorées sont complètement liées à la nature du sol ou à la végétation.

Le *casco urbano* se distingue nettement sur les deux tiers de la circonférence du cerro : un linéament irrégulier et discontinu à nombreux tons de rouges et d'orangés (valeurs : 105, 132, 141, 173...) correspondant aux arbres et jardins des hauteurs.

### 3.4. Iztapalapa

Nous avons vu ci-dessus que, au sud de Nezahualcóyotl, Iztapalapa se caractérise sur l'image par ses larges plages vertes, interrompues de plusieurs taches claires : bleues et mauves.

Un long linéament de couleur sombre (valeur 73) partage notre zone d'étude d'est en ouest ; c'est la calzada Ermita-Iztapalapa mentionnée dans la présentation de la délégation (voir chapitre 4, § 3). Reprenons l'ordre de présentation des structures géographiques :

- au nord de la calzada, la composition colorée est constituée de deux grandes zones qui se distinguent nettement par leurs couleurs :

- à l'ouest, une étendue où domine le mauve de couleur 146, ponctuellement associé à des taches vert clair V145, et à des microrectangles essentiellement en vert marron V109, vert clair V150. (colonies *Sta.M.Aztahuacan-Z.U.Ejidal*, *Sn Sebastian Tecocoxtitla*... quartiers mixtes d'habitations et de services) ;

- à l'est, une zone tachetée de bleu (V114) et mauve (V146) sur fond V109. Il s'agit des quartiers essentiellement résidentiels, situés depuis *Sta M.Aztahuacan* jusqu'à *Sta Martha Acatitla*<sup>1</sup> (dont les établissements pénitenciers de l'est).

Remarquons que le sol de la colonie, *Sta.M.Aztahuacan-Z.U.Ejidal*, d'origine lacustre, encore peu densément construit par endroits, apparaît en mauve sur la composition colorée, et que les rues donc, ne peuvent être visibles que lorsqu'elles sont goudronnées, ou bien délimitées par les manzanas de densité de bâti suffisante. En l'absence de revêtement, ce n'est pas la voirie qui délimite le bâti, mais l'inverse, en fonction de la densité de celui-ci.

Il est intéressant de remarquer qu'une surface non construite s'étend au nord-ouest de *Sta. M.Aztahuacan*. Cette zone non urbanisée ressort en mauve sur l'écran, mais on note une sous-zone colorée des verts V113 et V109, joints entre eux par un bleu V114, qui traduit un groupement de petites constructions alignées nord-sud, tel qu'il s'en présente également à Chimalhuacán. Nous verrons dans la partie diachronique de l'étude, que ce secteur a subi des transformations entre 1986 et 1990.

---

<sup>1</sup> On note également des établissements industriels dans cette colonie, liés sur l'image à quelques rectangles dispersés de couleur blanche.

• au sud de la calzada Ermita-Iztapalapa, jusqu'aux cerros, s'étend une zone assez uniforme dans l'association de ses couleurs. Cette région se caractérise en effet, par une dispersion régulière, bien qu'apparemment aléatoire, sur un fond vert de valeur 109, de pixels de quatre couleurs différentes : du vert de valeur 113, du gris bleu 114, du mauve 146, et du vert 145. Ces quartiers de logements individuels en voie de consolidation, sont en partie édifiés sur les piémonts septentrionaux de la chaîne volcanique Sta. Catarina, eux-mêmes caractérisés par une roche grise souvent mêlée de terre.

A l'extrémité sud de la délégation (colonie exclusivement d'habitations individuelles de *Jardines San Lorenzo Tezongo...*), on observe une zone aux caractéristiques analogues, de laquelle se détache une mosaïque multicolore, de forme grossièrement rectangulaire. Ici non plus, à cause de l'absence de revêtement formant contraste avec l'environnement sol-bâti, le réseau n'est pas visible sur l'image.

L'irrégularité des plages de couleurs correspond à divers types de solutions de continuité du tissu urbain : terres inoccupées, bâti relâché, marches incertaines du piémont... En effet, les limites urbaines sud-est de la délégation restent imprécises sur les versants des volcans, ce qui se traduit sur l'image par un effilochement des plages décrites ci-dessus. Le relief de la Sierra apparaît sur l'image en tache irrégulière composée essentiellement de quatre couleurs : le vert V72 pour les versants sud, un noir V36 associé à un marron V68 pour les versants septentrionaux, et un bleu marine V73 pour les alentours des cratères.

### 3.5. La Paz

Si l'on reprend les diverses parties isolées dans la présentation des structures de la délégation, il est possible de mettre en évidence les éléments qui les caractérisent et les individualisent sur l'image. Quatre sous-régions nous étaient apparues :

- à la limite entre Nezahualcóyotl et La Paz, le quartier de *Los Reyes* se caractérise par sa forte structure urbaine nettement tracée ; cependant, la plus grande partie du réseau de voirie n'a pas de revêtement, et le contraste des pistes avec le contexte sol-bâti n'est pas assez fort pour faire apparaître les linéaments correspondants sur l'image. Les structures ne sont donc pas visibles sur notre composition colorée ;

- la zone au sud de *Los Reyes* vient en prolongation des quartiers nord-est d'Iztapalapa, dans la présence et la disposition des couleurs : fond V109 associé au gris-bleu V114, vert clair V150 et mauve V146. Ces trois dernières couleurs se présentent sous forme de particules, ou agglomérées en vastes plages qui constituent souvent elles-mêmes un fond sur lequel se situent de microrectangles de couleurs claires et très claires : V155, V187, V191... On associe sans peine ces surfaces caractéristiques aux zones industrielles de *Los Reyes Acaquilpan* et *Ampliación Los Reyes*.

Vers l'est, en suivant les linéaments qui correspondent aux routes de Texcoco et Puebla, on observe d'autres objets analogues de couleur variant entre V150 et V255, tandis que le contexte V109 cède progressivement la place au vert V113. Plus à l'est encore, un vert uniforme (valeur 145) supplante les autres verts. Cette zone que l'on a surnommée dans ce travail *triangle de la Caldera*, voit se développer un quartier industriel sur un sol encore majoritairement à usage agricole.

- la zone industrielle se prolonge vers le nord-est du municiple, le long de la route de Texcoco, caractéristique qui se traduit sur l'image par un certain nombre de particules géométriques rectangulaires, de niveaux de couleur élevés (191 et 223), auxquelles sont associés des conglomérats de pixels diversement colorés :

- des rouges et orangés en prolongement du *casco urbano* de Chimalhuacán ;

- des bleus et verts : mauve V146, vert clair V150, vert-jaune V186, et marron clair V182, formant parfois des alignements de quelques pixels de long...

Ce secteur offre un exemple intéressant de mitage de l'espace rural par deux formes conjointes d'urbanisation :

- la macro-industrie avec une occupation spatiale définie de manière précise étant donné la taille de ses établissements ;

- les logements spontanés associés à des micro-entreprises, industrielles ou de services (*refacciones, tiendas, cantinas...*), d'implantation plus diffuse, peu dense et sans organisation spatiale. Ici, le bâti lui-même se révèle

directement assez peu, étant donné la petite taille et la faible densité des constructions, ainsi que l'hétérogénéité des matériaux de toiture. L'urbanisation se révèle surtout sur l'image par ses conséquences sur le milieu, pédologique en particulier (voir § 2).

- le développement urbain se limite à l'est à un seul quartier, la colonie *Ejidal el Pino*. On retrouve bien sur l'image SPOT sa configuration triangulaire grâce aux linéaments mauves V146 sur le fond vert V145 même discontinus. Ils marquent les seules traces d'urbanisation : le bâti trop dispersé n'apparaît pas sur l'image. Le mauve des linéaments correspond aux chemins empierrés dégarnis de terre, forme dégradée du milieu pédologique local (sol beige à couverture herbacée dispersée et sèche en mars) représenté sur l'image par le fond vert 109.

### 3.6. Ixtapaluca

Le linéament issu du *triangle de la Caldera* représente sur l'image la route fédérale Mexico-Puebla. Les figures géométriques de couleurs claires (valeurs : 191, 223, 255...) observables sur ce linéament viennent en prolongement de celles décrites à La Paz ; ce sont les quartiers industriels de *Tlapizahuac* et *E. Zapata*, avec plus loin les sites d'Ixtapaluca, *Coyotes* et, au sud, *La Coterá*.

Nous avons vu que le quartier Sta Barbara groupe des habitations précaires ; sur l'image, cette zone apparaît clairement divisée en deux :

- au nord-ouest, un mélange de couleurs : mauve 146, vert clair 150, marron clair 182 et un rose 178, qui représentent sur l'image une zone d'habitations individuelles en densité variable. On remarque que les surfaces moins bâties semblent ressortir en mauve, sur la composition colorée, et les plus denses en marron clair. Cela s'explique par une dégradation du sol plus forte dans les zones plus intensément urbanisées ;
- au sud-est, au pied du cerro El Elefante, la densité est beaucoup plus faible, et les maisons se regroupent en quelques manzanas elles-mêmes dispersées. Les plages mauves correspondent ici aux manzanas les plus urbanisées, c'est-à-dire, plus relativement, dont le degré d'urbanisation est proche de celui représenté par le mauve de la zone nord-ouest. Les plages vertes V145 semblent représenter des secteurs encore moins densément urbanisés. Le sol apparent ressort quant à lui en taches vertes V109, marron V141 ou jaune d'or V177, en fonction de sa couleur propre et de la densité de la couverture herbacée.

La relation entre les couleurs de la composition colorée et la densité du bâti sur ce type de sol, permet de reconstituer une séquence de couleurs traduisant la dégradation croissante des sols en fonction, ici, du degré d'urbanisation : V145, V146, V150, V182.

La dégradation des sols par l'urbanisation, caractérisée par la séquence ci-dessus, se confirme à l'examen du secteur de *La Bonita* et de son environnement immédiat. Les pentes du cerro à végétation arbustive sporadique ressortent en vert V145. De nouveaux quartiers en développement sur les hauteurs ont modifié l'apparence superficielles des pentes, qui apparaissent en marron clair V182, puisque la densité du bâti n'est pas suffisante pour masquer le sol. Ici, comme à Chimalhuacán, l'urbanisation naissante ne peut être devinée qu'à travers ses effets sur l'environnement. En effet, aucune structure d'origine urbaine, linéament notamment, ne peut être observée : ce quartier se trouve à l'écart des grands axes et des passages.

De l'autre côté de l'autoroute, la colonie *Tlapacoya* se prolonge vers le sud par un quartier en construction. On y retrouve en mosaïque les mêmes couleurs (V146, V150, V182, rose 178, V177, V141...) qui correspondent à des terrains plus ou moins dénudés et dégradés, en proie à une urbanisation de densité localement contrastée. La présence de couleurs roses (V210, V246) et gris-rose (V214) signale l'existence d'une végétation moins dense que celle des terres agricoles (champs de luzerne des fermes laitières ; Bataillon, 1987, p.55), caractérisées par des couleurs rouge vif (V196, V224, V228...).

### 3.7. Alvaro Obregón et Tlalpan

Avec la délégation de Tlalpan, nous n'évoquerons ici que la petite portion de la délégation d'A. Obregón incluse dans notre aire d'étude.

La partie sud-ouest de la composition colorée se caractérise par deux ensembles de couleurs, chacun comprenant une grande variété de nuances :

- les rouges à tons plus ou moins clairs ou sombres, en combinaison avec d'autres couleurs : roses, marrons, pourpres, violets...
- les verts, nuancés de bleus, de jaunes...

Cela correspond sur le terrain à un fort contraste dans le paysage urbain dû à la présence ou à l'absence de végétation. Certains quartiers se distinguent et se délimitent nettement d'après leur couleur dominante :

- à l'extrémité ouest de la zone d'étude, une zone de forme ovoïde se détache par ses couleurs rouges. Toutes les variantes de rouge se trouvent rassemblées ici, en pixels isolés. Ce secteur correspond au luxueux quartier *Jardines del Pedregal*. La vivacité des rouges nous renseigne sur la forte réponse dans l'infra-rouge, signe caractéristique de l'activité de la chlorophyllienne ; sur le terrain, nous en déduisons un arrosage soutenu des jardins en saison sèche. Cette partie de l'image se différencie des surfaces cultivées, mentionnées à Iztapalapa, par des contrastes plus forts et davantage de variations locales dans les couleurs : texture plus grenue et plus heurtée que lui confèrent la présence d'arbres, de bâti, d'un réseau, et les dimensions relativement petites des jardins. Au contraire, la grande taille des surfaces agricoles, l'uniformité de leurs plantations, leur forme géométrique rectangulaire, l'absence d'arbres et de bâti... se traduisent sur l'image par des plages plus larges et uniformes, à la texture lisse et homogène.

- au sud de cette première zone, une autre région se détache clairement, malgré des contours assez diffus à l'ouest et au sud. Le vert kaki V109 confère à cette zone une certaine continuité et intègre dans un même espace des caractères secondaires pourtant différents :

- au nord, le fond est strié de linéaments parallèles, dont la continuité se perd vers le sud ; leur couleur dominante est le mauve V146 ;

- dans la seconde moitié sud, les linéaments disparaissent et à l'extrémité méridionale de la zone, le fond V109 se dilue dans le bleu marine V73 et le pourpre V105.

Cette zone correspond aux colonies populaires consolidées de Padierna. Le fond V109 représente assez bien la densité de construction et son gradient : forte au nord et faible au sud. Nous avons vu que ce quartier gravit les pentes de l'Ajusco caractérisées par leurs roches volcaniques sombres, propices au développement d'une végétation spontanée. Les couleurs V73 et V105 correspondent respectivement aux roches et à la végétation qui

se généralisent vers le sud avec la raréfaction du bâti. Les linéaments mauves et verts du nord représentent les éléments du réseau réticulaire ; leurs couleurs plus claires sont dues aux matériaux importés pour les travaux d'équipement : sables, gravats, remblais...

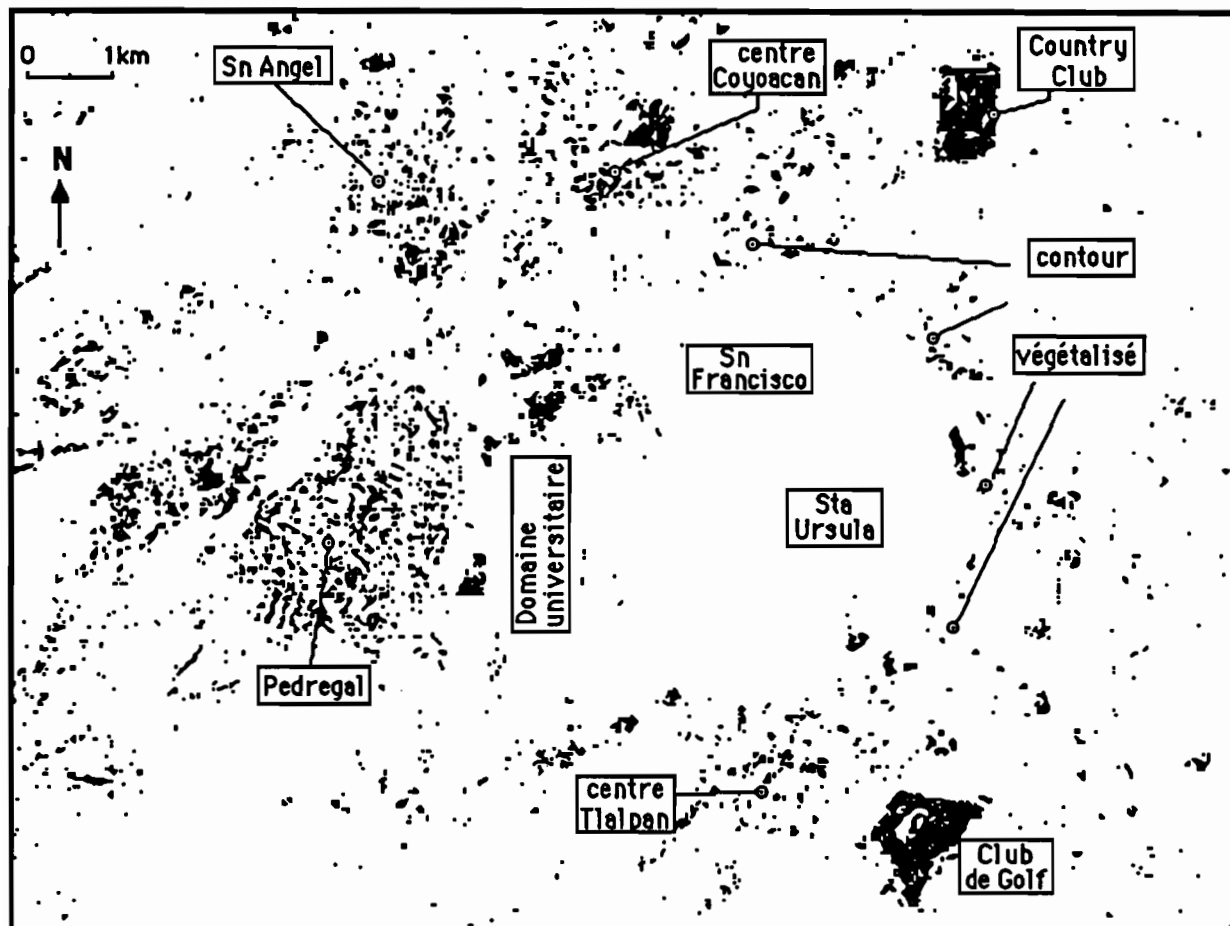


figure 46 : Le croissant végétalisé de Coyoacán-Tlalpan.

- vers l'est, un bras urbanisé raccorde Padierna au centre historique de Tlalpan et à ses extensions. Le centre répond au même signalement que celui de Coyoacán ou des vieux quartiers de San Angel, décrits ci-dessus (voir § 3.1) : mosaïques de rouges et de vert marron V109, bris de linéaments de valeur 73...

Ce lieu est l'aboutissement d'une configuration urbaine intéressante que la composition colorée permet aisément de mettre en évidence. Sur le fond verdâtre, il apparaît en effet une sorte de couloir végétalisé courbe, visualisé à l'écran par des mosaïques de tons rouges, comme nous le montre la figure 46.



### 3.8. Xochimilco

Les terres urbanisées situées entre le centre de Tlalpan et celui de Xochimilco, à l'est, sont un assemblage de petits centres anciens conurbanisés par des extensions récentes, colonies petites et nombreuses, à la structure individuelle très localisée. Cette diversité est restituée par la complexité et l'hétérogénéité de l'image : une grande variété de couleurs, un désordre apparent dans leur distribution spatiale ; excepté quelques linéaments, on observe peu de structure visible, mais un grand nombre de formes éparpillées (microrectangles) de taille et de couleur diverses.

Le vieux centre de Xochimilco apparaît au contraire en tache de vert marron V109 assez uniforme, avec quelques rouges sombres surtout concentrés aux emplacements qui correspondent au *zocalo*\*. Ses limites nord et est sont nettes, puisque le village est en contact avec le domaine des chinampas qui ressortent dans toute la gamme des rouges sombres sur la composition colorée.

Quelques segments seulement sont visibles sur la partie correspondant à la surface urbanisée ; seules, leurs couleurs permettent de les distinguer les uns des autres, selon leur nature sur le terrain :

- les canaux généralement bordés d'arbres se reconnaissent sur l'image par leur composante rouge : V100, V105...
- les éléments de voirie goudronnée, notamment la calzada Guadalupe-Ramirez, apparaissent en couleur 73, comme dans les autres parties de l'image.

A l'extérieur de la zone urbanisée, l'organisation spatiale des chinampas est également perceptible, grâce aux linéaments dans les tons rouges qui correspondent aux éléments du système des canaux.

Issu du centre de Xochimilco, un linéament tortueux part vers l'est, et relaie plusieurs taches de vert V109, associées à des petits groupes de pixels isolés pourpres (V105) marron (V141), vert clair (V145) ou bleu-gris (V114). Il s'agit des divers petits centres développés sur la route de Xochimilco-Tulyehualco et qui constituent le *couloir urbain*. La limite septentrionale avec le

domaine lacustre est nette, tandis qu'au sud, les couleurs se confondent avec les plages vertes correspondant aux versants de la montagne.

Sur des surfaces de mêmes couleurs, la partie urbanisée ne peut être délimitée que par l'observation d'une texture moins lisse : fréquence de particules de couleurs différentes, constituant parfois des formes simples : rectangles, linéaments...

### 3.9. Tláhuac

Dans le cas de Tláhuac, la délimitation des plages de l'image correspondant aux surfaces urbanisées, se fait également par l'observation de la texture. Au nord, en effet, les groupements de pixels de diverses nuances de couleur permettent de distinguer le secteur bâti, des pentes non urbanisées de la Sierra Santa Catarina.

Le fond est vert marron V109, et les quartiers de la délégation présentent une forte fréquence de surfaces marron V141, associées à des particules marron-orangé V173, mauve V146, et pourpre V105, disposées en linéaments et plus fréquentes à l'ouest.

La zone la plus densément urbanisée et la plus ancienne se situe le long de la calzada Mexico-Tulyehualco (par Tláhuac), et apparaît sur l'image avec une densité de vert V109 plus forte. Au contraire, les extensions les plus récentes, au sud de la calzada et vers l'est, montrent une densité de bâti décroissante. Sur l'image, cette diminution de la densité se traduit par une augmentation de la proportion des pixels de couleur marron. Les linéaments pourpres correspondent aux éléments de voirie partiellement couverts de végétation, en particulier herbacée sur les bas-côtés.

En sa limite orientale, on retrouve sur l'image l'agencement et le découpage particuliers des terres fragmentées et urbanisées. Les quartiers bâtis apparaissent en effet rectangulaires sur l'image, avec les mêmes dimensions (50 x 20 pixels, soit 1.000 x 400 m sur le terrain) et dans le prolongement du damier découpé par les canaux de drainage de la zone inondable.

Ce secteur, qui sépare Tláhuac de Chalco de trois kilomètres, apparaît sur l'image avec des couleurs identiques à celles déjà citées (V73, V105, V109, V141, V145...), mais se distingue bien par la taille et l'homogénéité de ses plages. Ces couleurs traduisent différents états des sols et de la végétation de ces terres proches de la saturation hydrique, voire inondées, et à haute teneur en matières organiques. Ces facteurs expliquent les teintes sombres présentes sur l'image.

### 3.10. Chalco

La région de l'image qui correspond au municpe de Chalco, se divise en plusieurs zones selon les couleurs dominantes et les textures observées :

- au nord, une plage de forme triangulaire se détache nettement par ses deux couleurs : vert V145 et mauve V146, sur lesquelles se superposent des particules de tailles et de couleurs variables : bleu-vert V150, marron V141, marron clair V182... Ces particules se rencontrent surtout à l'extrémité septentrionale de la zone, associées à des pixels roses V178, tandis que leur fréquence diminue progressivement vers le sud, et que se généralise le vert V145.

Ce secteur correspond aux colonies les mieux consolidées des nouveaux quartiers de Chalco dont certaines, comme le montre la figure 31, chapitre 5, étaient urbanisées ou en cours d'urbanisation à la moitié des années 80. Plus anciennes, les colonies du nord sont les plus densément bâties, et cette densité décroît vers le sud (voir figure 47).

- à l'ouest de la forme circulaire qui représente le cerro Xico, s'étend une plage de couleur plus sombre, comparable à celle de Tláhuac, et de texture hétérogène. Le fond, de couleur 109, est piqué de microparticules à différents tons de vert : V77, V113 et V145, ainsi que d'éléments, plus gros mais plus rares, bleu marine V73 et marron V141.

Cette zone correspond à un secteur en cours d'urbanisation (colonie *E. Zapata*) en particulier le long de l'avenue alors fraîchement stabilisée : Avenida Bravo, densité urbaine qui décroît rapidement vers l'ouest et le nord. On remarque aussi que les canaux de drainage ont été transformés, comme à Tláhuac, en voies de communication..

• entre les zones sud-ouest et nord, s'étend un secteur plus uniforme que les précédents, où dominant le vert V109 et le bleu marine V73 ; cette dernière couleur est fréquemment entourée de taches vert V77. On note également la présence de particules marron V141, ainsi que des éléments sombres V73 en courts segments orientés nord-sud.

Ce secteur de l'image correspond à la zone la moins urbanisée du Nouveau Chalco, avec de nombreux lots et des manzanas non encore bâties : colonies *Sta Catarina, Guadalupanas, Providencia...* Les linéaments sombres, et en particulier celui orienté nord-ouest/sud-est<sup>1</sup>, sont associés au réseau de voirie. Nous avons vu ci-dessus que les lieux de passage se caractérisaient par une dégradation avancée des sols sans revêtement. Ici, étant donné la nature des sols noirs, cette dégradation se traduit sur l'image par des réponses radiométriques plus basses.

La différence de densité urbaine entre cette zone et la zone nord des nouveaux quartiers de Chalco, ne semble pas expliquer à elle seule le fort contraste des couleurs dominantes. La limite des plages est d'ailleurs assez nettement marquée, alors que la densité du bâti décroît avec un gradient plus faible. A cette explication semble s'associer une différence dans les types de sol. La carte pédologique (Aguilera Herrera & Cervantes Borja, 1988, p.27 à 29.) montre en effet que ces quartiers sont construits à la limite entre deux types de sol dont on retrouve les caractéristiques sur la composition colorée :

- au nord : le sol salé, comparable à celui de Nezahualcoyótl, apparaît plus clair sans doute parce que plus sec (extrémité septentrionale de l'horizon à gley) ;
- au sud : un sol composé de matière organique et en permanence humide à faible profondeur.

Cette distinction est en relation, bien sûr, avec la localisation et le niveau des anciens lacs (voir figure 1, chapitre 1).

• au sud-est, trois secteurs d'urbanisation sont visibles sur l'image :

- le vieux centre de Chalco, caractérisé sur l'image par un fond mauve V146 associé à une grande quantité de particules de couleurs variées : la quasi-totalité des gammes de verts, de bleus, de marrons et de rouges rencontrées dans les divers milieux urbains décrits ci-dessus. De cet assemblage hétéroclite, il ressort peu de formes précises : quelques rectangles et des tronçons de linéaments sombres ;

---

<sup>1</sup> Ce linéament représente l'Avenida de Las Torres, large espace de sécurité aménagé dans le tissu urbain sous les lignes haute tension qui alimentent la capitale. On trouve dans les périphéries de nombreuses avenues Las Torres liées à cette circonstance, qui convergent vers l'agglomération.

- au nord du centre de Chalco, un secteur d'urbanisation en cours (colonies *San Miguel*, *Tres Marias*, *E. Zapata*, *La Bomba*), trop peu avancé pour être directement visible sur l'image, et perceptible d'après les dommages causés à l'environnement, traduits par des couleurs plus claires ;
- à l'ouest, les couleurs s'organisent en bandes parallèles : marron V141, vert V145, jaune V177, marron clair V182. Ce secteur correspond aux colonies *Culturas de México* et *Jardines de Chalco*, en développement sur les anciennes prairies, entraînant la disparition de la végétation et la dégradation des sols.

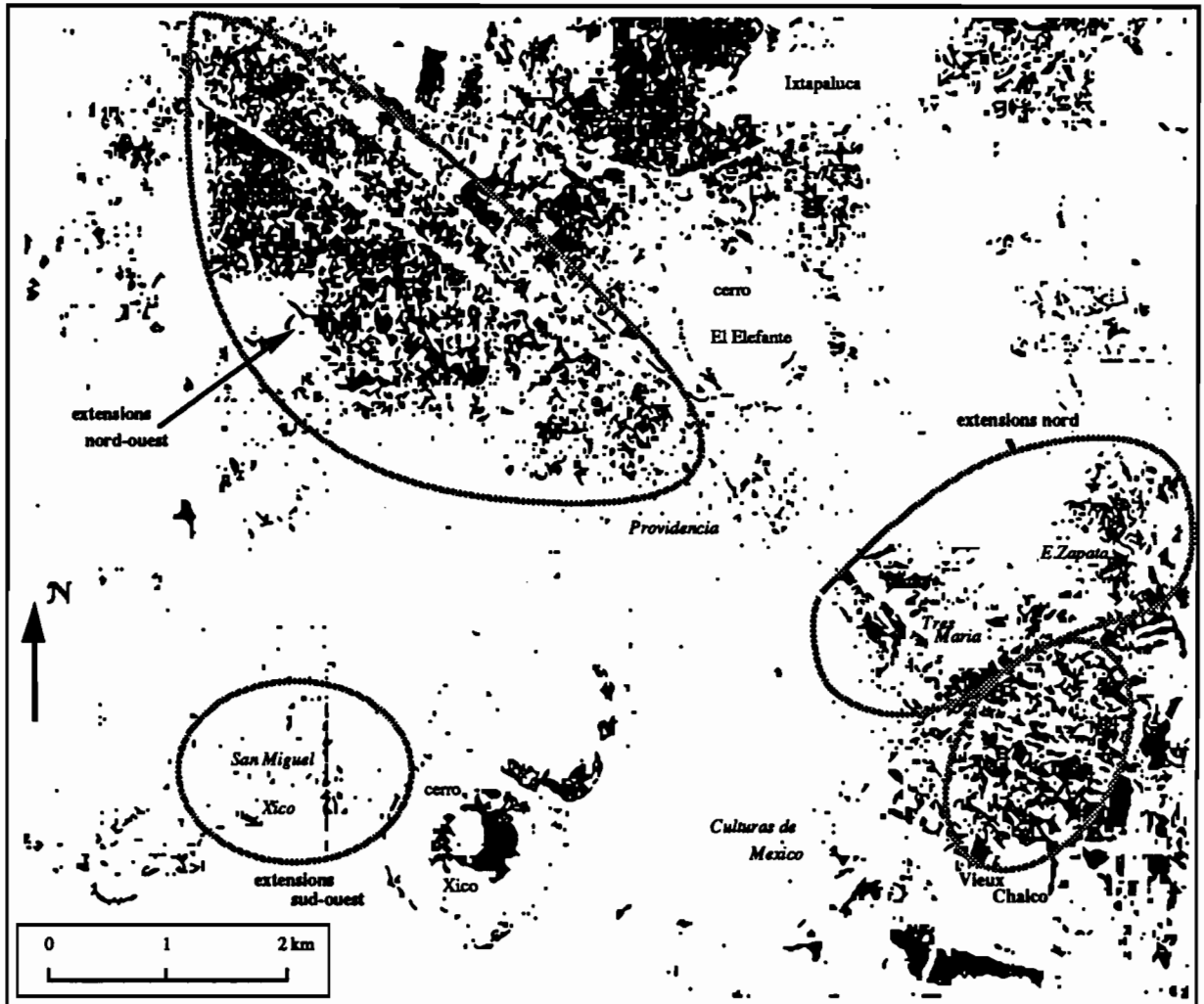


figure 47 : Secteurs urbanisés de Chalco, d'après la composition colorée de 1986.

La colonie *San Martin Xico*, formant un hameau au sud-ouest du cerro Xico n'est pas visible sur la composition colorée, car de faible extension.

La figure 47 ci-dessus montre les secteurs de Chalco les plus urbanisés en 1986

Ce commentaire par secteur de la composition colorée nous a permis d'effectuer une première reconnaissance de l'image, et d'appréhender certaines des relations qui existent entre l'image et le terrain. Cette analyse nous a également permis de constater que l'information urbaine contenue dans l'image n'est pas toujours observable directement, mais peut être déduite d'après l'impact de l'urbanisation sur le milieu naturel et sa traduction sur l'image. Dans la suite de ce travail, nous désignerons par *urbanisation occulte\** cette forme d'urbanisation reconnaissable indirectement, correspondant à des quartiers au bâti dispersé et en densité insuffisante pour influencer les mesures radiométriques.

Nous avons enfin remarqué que les tissus urbains pouvaient contenir une information comparable à certains milieux naturels (parcs, jardins, terrains de sport, terrains vagues...). Ces objets urbains pourront être qualifiés de *pseudo-naturels\** dans la suite du texte.

Nous allons voir maintenant que l'organisation spatiale des couleurs constitue également une source d'information.

#### **4. De la couleur à la structure**

L'analyse visuelle de la composition colorée de mars 1986 et la comparaison avec l'information géographique nous ont permis de dégager sur l'image un certain nombre de caractéristiques liées au domaine urbain : extension, histoire, éléments le composant et le structurant, milieu naturel, voire activités dont il est le siège... pourvu qu'elles se traduisent dans le paysage à une échelle en rapport avec l'échelle de mesure satellitaire.

Nous avons vu que l'agglomération représentée sur l'image pouvait apparaître sous diverses couleurs selon les quartiers ; ces couleurs sont déterminées par divers facteurs au sol :

- le milieu naturel dans lequel s'est implanté le quartier et que l'urbanisation transforme, en particulier dans ses caractères pédologiques, et dans la distribution spatiale de la végétation ;
- la nature du bâti, notion qui inclut à la fois sa morphologie, et le niveau socio-économique de ses occupants, lorsqu'il s'agit de quartiers résidentiels ;

- un *degré d'urbanisation*, c'est-à-dire l'état d'avancement du processus d'urbanisation, marqué par la densité du bâti et son niveau de consolidation (matériaux du bâti), le développement des infrastructures en particulier liées à la voirie ;
- l'âge des constructions qui tendent à se ressembler avec le vieillissement des matériaux, et à se confondre dans un gris uniforme (poussière, micro-organismes... sur les toits).

Les couleurs ne sont pas toutes représentées en proportions égales, ni uniformément réparties, mais au contraire se regroupent en associations bien déterminées, et se localisent dans des régions particulières de l'image. Ces associations de couleurs et leur distribution spatiale délimitent des secteurs qui correspondent, dans de nombreux cas, à l'extension et aux limites d'unités de paysage urbain sur le terrain

Dans le détail, nous avons vu que l'image se compose de couleurs de fond plus ou moins densément ponctuées de particules de tons et de formes variés.

#### 4.1. Fonds

Sur la composition colorée, en fonction des bornes choisies, les couleurs de fond reconnues comme représentant le domaine urbain sont peu nombreuses et leurs grandes associations sont présentées dans le tableau 10 ci-dessous.

Comme nous pouvons le constater, et comme le confirmera plus loin l'analyse statistique (chapitre 7), les couleurs de fond ne s'associent pas indifféremment entre elles : parmi la centaine de couleurs observables sur la composition colorée, nous n'avons relevé qu'une dizaine d'associations fréquentes à partir d'un petit nombre de couleurs. Ce voisinage préférentiel se retrouve avec les particules : les associations de couleurs des particules avec celles du fond ne sont pas quelconques, mais inscrites dans un nombre limité de combinaisons.

tableau 10 : Associations des couleurs présentes sur la composition colorée.

valeurs	appellations	localisation sur l'image	facteurs géographiques
73 109	bleu marine vert marron	sud-est	urbanisation de faible densité sur sol sombre humide
77 109	vert foncé	centre	quartiers fortement urbanisés
105 109	pourpre	sud	quartiers denses arborés et à petits espaces verts (jardins)
109 141	marron	centre sud	urbanisation moyenne, végétation sporadique sur sol sombre
109 145, 146	vert, mauve	sud-ouest	urbanisation de densité moyenne sur roche sombre
114 146	gris-bleu	nord-est, centre-est	urbanisation récente assez dense
145 146	vert	sud-est	urbanisation moyennement dense sur sols clairs
146 150	vert clair	nord-est et sud-est	quartiers récents sur sols clairs
182 186	marron clair vert-jaune	nord-est	urbanisation de faible densité sur sols clairs salins dégradés
187 223-255	bleu clair blanc	nord-est	urbanisation de très faible densité sur sols clairs dégradés
100,128,132 64,169 196,224,233	37,1 roses et rouges	sud-ouest	urbanisation de faible densité à nombreux jardins et à couverture arborée dense

La figure 48, page suivante, montre un secteur de l'image correspondant à l'extrémité sud-ouest de l'aéroport ; on constate que la décomposition en quatre couleurs décrit des formes emboîtées dans l'espace.

## 4.2. Particules

Nous avons vu aussi que ces particules se différencient par leur taille et leur forme. Leur surface varie du pixel unique à plusieurs dizaines, rassemblés en formes très variables.

### 4.2.1. Particules polygonales

Au cours de ce travail, nous appellerons *particule* toute agglomération de pixels connexes en faible nombre (2 à 10 pixels), caractérisée par une couleur. Nous désignerons par *taches* les surfaces de couleurs unies d'extension plus importante. On trouvera en chapitre 8, figure 91, une illustration des différentes configurations de couleurs mises en évidence par classification.

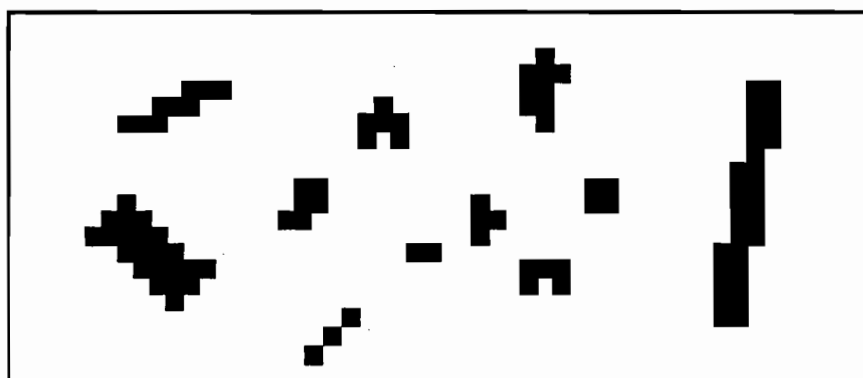




figure 48 : Répartition spatiale de l'association des couleurs 36, 73, 77 et 109, exemple du secteur de l'aéroport.

Sur une image de milieu urbain, les particules sont nombreuses, et leurs couleurs en fonction de celles du contexte correspondent à des thèmes identifiables. L'analyse visuelle a permis de dégager et de traduire un certain nombre d'associations fond/particules, par exemple :

- les particules de couleurs claires (V187, V191, V223, V255), groupées avec d'autres particules plus sombres (V114, V146, V150, V155) représentent des objets urbains de type industriel, indépendamment de la couleur de fond ;
  - la multiplication de particules de couleur V105, plus rarement du V68, V100 et V132, traduit la présence de végétation, généralement de type arborée, dans certaines parties de la ville. Les couleurs rouges plus vives (V137, V164, V165...) correspondent en milieu urbain, à des surfaces gazonnées entretenues ;
  - les secteurs bâtis dont le sol est clair produisent des configurations du type : particules V186-V187 sur fond V182-V150, particules V182-V186 et/ou particules V191-V223 sur fond V187...
- ...etc..



*figure 49 : Quelques exemples de particules.*

Les associations de couleurs de fond mentionnées ci-dessus produisent également des particules des deux couleurs, lorsqu'il existe des dégradés (passage de la couleur dominante V109, au V114, puis au V150, et enfin au V186 d'ouest en est dans la zone de Nezahualcóyotl ; voir également figure 87, chapitre 8).

#### **4.2.2. Linéaments**

Les linéaments sont des particules de forme particulière, caractérisée par une longueur très supérieure à leur largeur (souvent un pixel de large). Sur l'image, on sait qu'ils correspondent le plus souvent à des éléments de réseaux, voirie, canaux, cours d'eau... Leur revêtement, mais aussi le contexte dans lequel ils sont tracés, déterminent leurs caractéristiques de couleur :

- dans le centre de l'image (centre ville), les linéaments apparaissent avec les couleurs V36, V41 et V73, sur un fond composé de V77 et V109. Sur les fonds où domine davantage le V109, les linéaments se distinguent par le vert V77 ;
- au contraire, à l'est (Nezahualcóyotl-ouest), ces mêmes couleurs V77 et V109 constituent cette fois les linéaments sur fond de couleurs associées V114-V146 ;
- plus à l'est encore (Nezahualcóyotl-est), V77 et V114 deviennent constituants des linéaments sur un fond de couleurs associées V146-V150.

On remarque également des segments linéaires V146 au voisinage de taches de niveau V145 (nord d'Iztapalapa), des linéaments V146 (Padierna, Nezahualcóyotl) ou rouges sur fond V109, etc...

L'identification des linéaments par la couleur exige donc la prise en compte du contexte : de par sa faible largeur, les réponses radiométriques d'un réseau sont très influencées par celles de l'environnement.

### **4.3. Organisation spatiale des couleurs**

Au cours de l'analyse de la composition colorée, nous avons vu que la couleur vert-marron V109 se rencontre surtout dans le centre de l'image, qui correspond au centre de l'agglomération, et vers l'est jusqu'aux formes correspondant aux monts de Sta Catarina, non-urbanisés. De même, les nombreux rouges (164, 169, 196, 224, 228...) qui représentent les jardins de *Jardines del Pedregal*, traduisent également l'existence de parcelles agricoles en milieu rural.

L'information de couleur ne suffit donc pas à délimiter le domaine urbain sur l'image et à le caractériser.

Les différences entre les secteurs de l'image traduisant les milieux naturels et le domaine urbain se manifestent par le type de couleur rencontré et leur association préférentielle avec d'autres,

en fonction du milieu qu'elles traduisent. Les différences résident aussi dans la distribution spatiale de ces couleurs, les organisations éventuelles qu'elles forment, la taille et l'homogénéité des surfaces qu'elles composent sur l'image.

Ainsi, les milieux naturels apparaissent sur le document satellitaire en formes amples et homogènes, en proportion des vastes surfaces qu'ils couvrent : forêts, sols nus, friches, parcelles agricoles... Au contraire, le domaine urbain est composé d'éléments plus hétérogènes et de dimensions restreintes : constructions de nature, de taille et de hauteur variables sur de petits espaces, étroitesse et longueur des rues, variété des matériaux utilisés, succession irrégulière et rapide d'éléments construits en élévation et d'espaces non-bâties, ombres portées, présence sporadique de végétation à divers états d'entretien ou de dégradation... Cette hétérogénéité et ces contrastes transparaissent sur l'image, même si les capteurs n'ont pas la résolution suffisante pour permettre de discerner tous les éléments au sol.

La figure 50 ci-après est composée de trois secteurs extraits de l'image. Seule, la couleur V109 a été conservée dans les trois cas (ici en noir), et on remarque trois configurations selon le milieu :

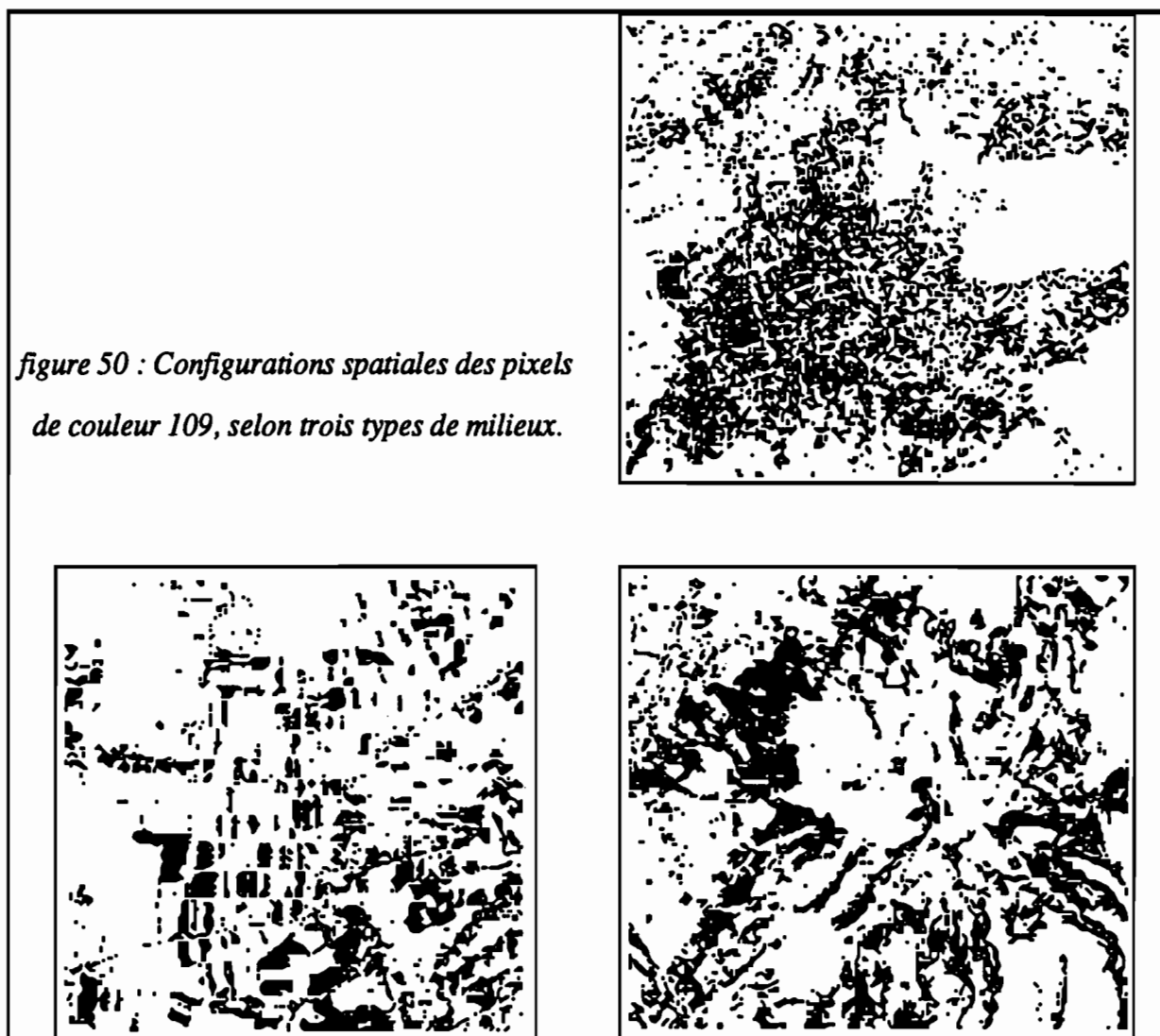
- en haut à droite : distribution hétérogène correspondant à un secteur urbanisé (Padierna) ;
- en bas à gauche : les particules rectangulaires d'un parcellaire agricole labouré (Texcoco) ;
- en bas à droite : les courbes d'un milieu naturel, les versants du cerro El Pino.

Les secteurs d'image correspondant au domaine urbain apparaissent donc moins lisses, composés de particules de petite taille et de couleur variées, qui *compliquent* l'image, réduisent l'homogénéité locale, et lui confèrent une *texture* plus grossière que celle correspondant aux milieux naturels. Dans les cas extrêmes, il n'existe plus de fond homogène visible, mais une mosaïque de microparticules ou de pixels isolés, tous de couleurs différentes, ou de couleurs identiques mais éparpillées.

De même que la localisation des couleurs dans les secteurs de l'image n'est pas anodine, leur concentration ou, au contraire, leur dispersion locale, la manière dont elles sont distribuées

dans l'espace, traduisent également des caractères du terrain.

*figure 50 : Configurations spatiales des pixels de couleur 109, selon trois types de milieux.*



Types de couleurs, associations, proportions et distribution spatiale, formes engendrées et voisinage... caractérisent les secteurs de l'image. Notre analyse visuelle a montré que trois critères : couleur, texture et particules, permettent de retrouver de nombreux éléments du paysage urbain, et d'effectuer certaines relations entre ces caractères et la densité urbaine.

A l'aide de ces trois critères visuels, auxquels nous ajouterons celui d'organisation spatiale, il devient possible de tenter une partition de l'image, de délimiter des régions homogènes selon ces critères, afin d'entreprendre une analyse systématique des données satellitaires.

## 5. Zonage de la composition colorée sur des critères visuels

L'analyse visuelle de la composition colorée a permis de reconnaître des entités urbaines (constructions, quartiers, réseaux, tissus urbains, espaces verts...) et certaines de leurs caractéristiques (localisation, limites et extension, éléments et caractères du paysage...). La description et l'analyse de ces secteurs par des méthodes systématiques et automatiques nous permettra d'effectuer des comparaisons entre les quartiers d'après l'image, et de les caractériser selon les critères retenus ci-dessus.

Il est donc nécessaire, dans un premier temps de délimiter les grandes régions<sup>1</sup> de l'image. Pour cela, nous avons repris le commentaire de la composition colorée, et nous avons tracé les limites des régions à la rupture, dans sa continuité spatiale, de l'un des critères utilisés pour caractériser les différentes parties de l'image : couleurs, texture, particules, organisation...

Cependant, ce principe de délimitation ne peut être retenu sans d'importantes précisions. La question de l'échelle est en effet primordiale : la prise en compte de l'organisation spatiale des couleurs exclut évidemment de considérer l'information point par point. Inversement, un niveau de détail trop large qui négligerait les particules composant ces secteurs, négligerait en même temps une part importante de l'information urbaine contenue dans l'image. Nous avons vu, en effet, que l'information urbaine élémentaire exploitable à partir de ce type de données, se situe au moins à l'échelle de la particule. Cette échelle paraît donc adéquate pour un certain type d'étude urbaine, par exemple la reconnaissance d'objets particuliers ou d'éléments de réseaux (bâti industriel, stades, aéroport, voirie...).

Or, notre problématique est tout autre : nous souhaitons travailler à une échelle plus large, celle du quartier. La notion de quartier est elle-même liée à la problématique, et les définitions revêtent diverses nuances selon les auteurs et les disciplines (urbanisme, anthropologie,

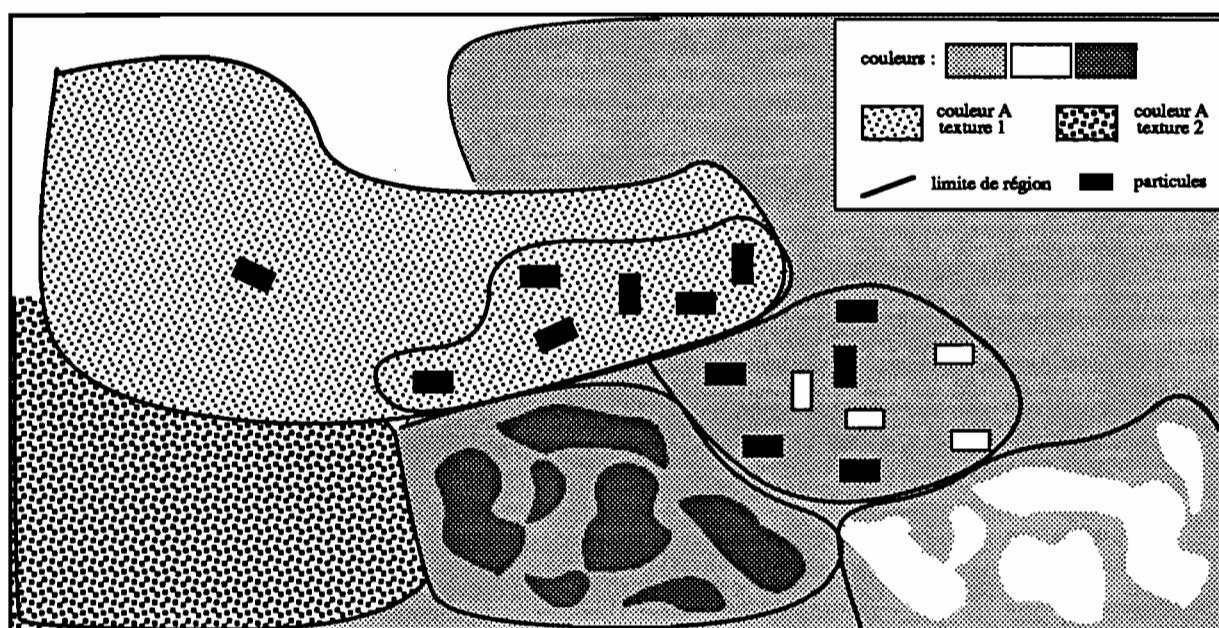
---

<sup>1</sup> Dans les étapes du travail concernant l'image, on utilisera plutôt le terme de *région*, de façon à éviter la confusion avec les aires d'application de l'enquête terrain et de certains traitements d'image désignées par *zones*, de définition et d'extension différentes (voir chapitre 10).

sociologie, histoire...), ce qui entraîne souvent une divergence de critères dans la délimitation des contours, et donc une imprécision de ceux-ci. Notre problématique liée à la télédétection, désigne elle-même les critères visuels comme facteurs déterminants, dans notre perception du quartier et de ses contours. Pour nous, un quartier est donc un secteur urbain présentant une continuité de paysage, conception parallèle et compatible avec le mode visuel de partition de l'image.

La délimitation des secteurs d'image a donc suivi les ruptures spatiales d'au moins un des caractères d'image, à une échelle compatible avec une rupture de paysage au sol.

La figure ci-après montre un exemple simplifié de partitions, établi à partir de cas rencontrés sur l'image.



*figure 51 : Exemple de partition de l'image, selon les critères retenus.*

Dans la pratique, l'association des couleurs doit être prise en compte, de telle sorte que la rupture d'un caractère de couleur est liée à l'absence de l'association, et non à l'absence d'une seule couleur. Dans la plupart des cas, la reconnaissance des régions n'a présenté aucune difficulté, par les différences nettes qui les distinguent les unes des autres. Les grands

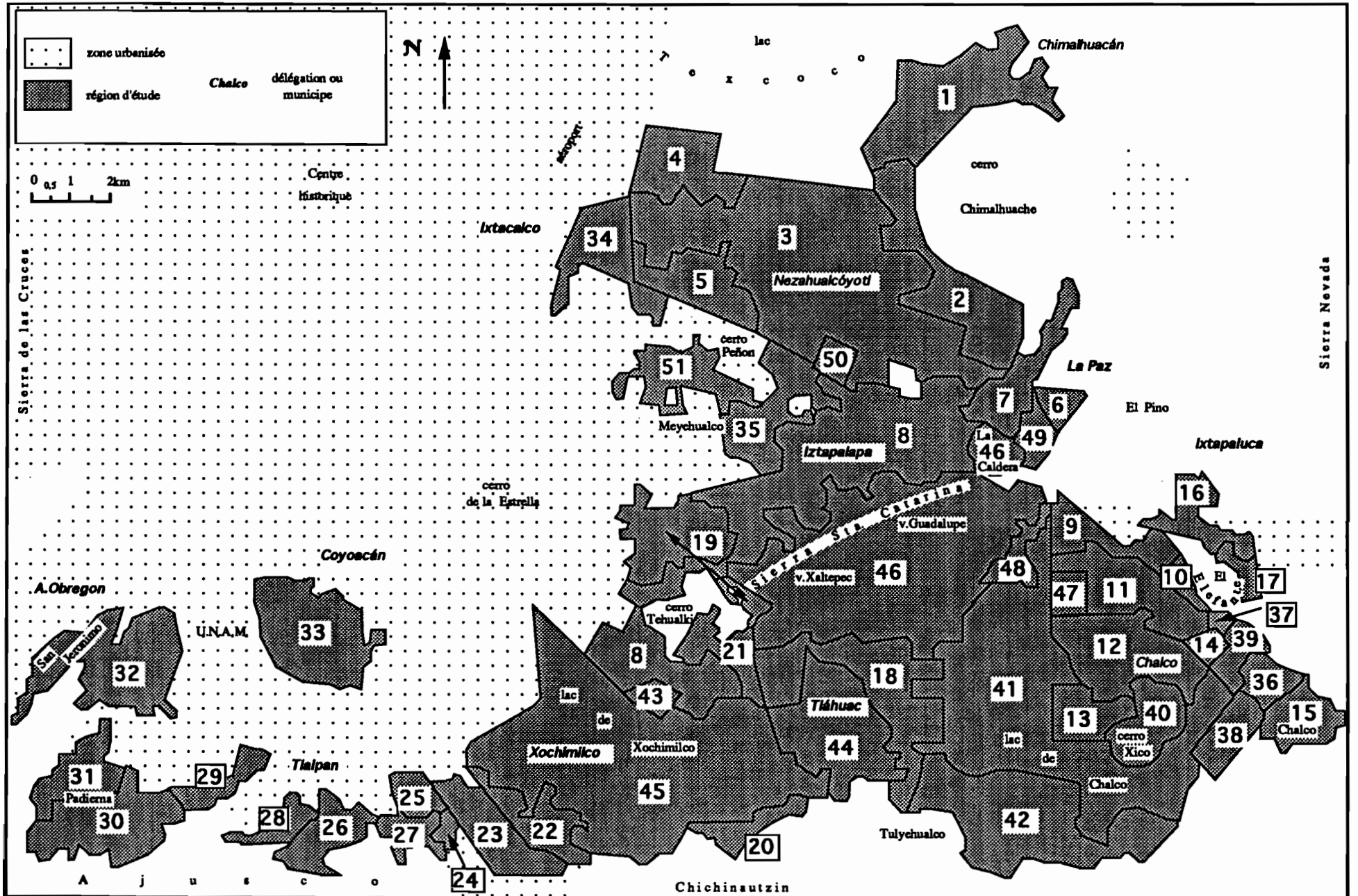


figure 52 : Les 51 régions délimitées sur la composition colorée.



domaines (domaines lacustres, sols salins, secteurs cultivés, zones industrielles, quartiers-jardins...) s'imposent à la vue sans difficulté d'interprétation. Seule, la délimitation exacte se révèle parfois incertaine, lorsque la rupture d'un caractère n'est pas nettement marquée (cas des dégradés de couleurs, associations de couleurs sélectives dans l'espace...).

En résultat, on obtient une partition du sud-est de l'image en 51 régions qui couvrent les secteurs d'urbanisation du sud et de l'est, et les nouvelles extensions de Chalco, La Paz et Chimalhuacán. On a également intégré dans le zonage les secteurs naturels qui s'étendent entre l'agglomération continue et la Vallée de Chalco. Des quartiers plus centraux (régions R34, R51, R33, R32) ont été pris en compte pour leurs caractéristiques particulières. La figure 52 présente la partition finale.



L'examen visuel de la composition colorée de 1986 nous a permis de repérer une dizaine de secteurs d'image présentant certaines caractéristiques de couleur et de texture. Une analyse approfondie, effectuée directement sur écran, nous a permis de retrouver une grande partie de l'information urbaine exposée dans les chapitres de présentation géographique. Nous avons réussi à localiser les contours urbains, et à délimiter les quartiers périphériques à l'échelle qui nous intéresse. Ainsi, nous avons vu comment se traduisent sur l'image les différents milieux naturels et leurs composants :

- les structures pédologiques, en particulier les sols salins dégradés et les sols sombres ;
- la végétation, en fonction de sa densité, de sa forme et de son état ;
- les plans d'eau permanents dans les secteurs lacustres.

Le domaine urbain nous est apparu plus hétéroclite, avec une grande abondance, sur l'image, de formes de petite taille parmi lesquelles :

- des linéaments représentant certains éléments de voirie ;

- des particules claires identifiées comme des éléments de bâti de grande taille ou des chantiers ;
  - des particules caractéristiques des espaces verts dont l'intensité des rouges correspond à l'état de la végétation ;
- ...etc...

De là, nous avons retrouvé certaines caractéristiques des quartiers, notamment les grands types d'occupation du sol : zones résidentielles, secteurs industriels, villages, etc... Cette analyse nous a également conduit à réaliser un zonage de la composition colorée en 51 régions.

D'une manière plus générale, nous avons constaté que les plages de couleurs contiennent une double information : leur valeur propre et leur organisation spatiale, et que la composition colorée propose une synthèse de ces caractères riche en détails de cette nature. L'important volume de l'information à prendre en compte nous a paru justifier une étude quantitative plus poussée, à partir des critères que nous avons reconnus comme particulièrement judicieux pour la caractérisation et la discrimination des différents secteurs d'image. La possibilité de distinguer sur l'image les grands types de quartiers, nous intéresse particulièrement ainsi que l'automatisation de cette opération : nous souhaitons, en effet, caractériser les changements urbains survenus entre deux dates, et suivre le développement de l'agglomération à large échelle.

# Chapitre 7

## Structures de l'image de 1986

---

Le commentaire visuel de la composition colorée de 1986 nous a montré la richesse de l'information contenue dans ce type d'image. Nous allons maintenant analyser cette information de manière plus systématique, et voir dans quelle mesure les structures que nous pourrions mettre en évidence sur l'image, correspondent à des structures de géographie urbaine.

Pour cela, nous étudierons les régions délimitées sur la composition colorée à l'aide d'Analyses Factorielles des Correspondances<sup>1</sup>, selon les caractéristiques de couleurs et de texture. L'analyse des 51 régions nous permettra, dans un premier temps, de différencier les secteurs urbains du milieu naturel. Nous analyserons ensuite les structures urbaines représentées par les 41 régions reconnues comme appartenant au domaine urbain, en introduisant notamment une information exogène concernant l'occupation du sol.

Enfin, nous vérifierons par quelques exemples que les structures mises en évidence sur la composition colorée ne sont pas particulières à ce type de données, mais peuvent être retrouvées à partir d'images de natures diverses.

Voyons maintenant quelles sont les structures générales qui apparaissent sur l'image, dans notre secteur d'étude.

---

<sup>1</sup> Au cours de notre travail, nous désignerons par *A.F.C.* ce type d'analyse. Les *A.F.C.* présentées ici ont été calculées avec le programme *ancorr* de la bibliothèque ADDAD, version 89.1.

## 1. Structures générales de l'image d'après les couleurs

Etant donné la diversité et le volume de l'information à traiter, l'A.F.C. nous est apparue très intéressante pour l'exploitation de l'information contenue dans notre composition colorée. En effet, ce type d'analyse est particulièrement adaptée à l'étude des tableaux de contingences, ce dont nous disposons, et offre une représentation graphique des données objective et précise, d'autant plus appréciable que nous sommes en présence de phénomènes de télédétection et de géographie complexes. Ce travail délibérément tourné vers l'application, y trouvera de nombreux éléments utiles à l'interprétation de l'image : associations de variables, caractéristiques des individus et ressemblance entre eux, lignes de force qui structurent la population étudiée, caractères saillants et caractéristiques plus fines et individuelles, poids relatif, rôle et correspondances des individus et des variables dans les structures mises en évidence... Nous constaterons que l'analyse des résultats permet une interprétation thématique détaillée de nos données, complémentaire de l'analyse visuelle menée au chapitre précédent.

Nous verrons plus loin que la méthode nous offre, enfin, la possibilité de réaliser, en aval, des classifications dont l'interprétation sera elle-même facilitée par l'analyse des résultats de l'A.F.C que nous aurons développée au préalable.

On trouvera de nombreux ouvrages traitant de l'Analyse des Données et de l'application de ses diverses méthodes : Volle (Volle, 1980), Fenelon (Fenelon, 1981), Sanders (Sanders, 1990)...

La préparation des données à analyser a consisté tout d'abord en la création d'un *canal zones* délimitant les 51 régions reconnues (voir chapitre précédent). Grâce à un programme écrit spécifiquement par Nittaya Nintarakit, nous avons ensuite exécuté un décompte du nombre de pixels de chacune de/ couleurs constituant chacune des régions. Le programme construit /s automatiquement un tableau d'effectif qui décrit donc les 51 régions selon les 107 couleurs de la composition colorée. La figure ci-dessous schématise le principe :

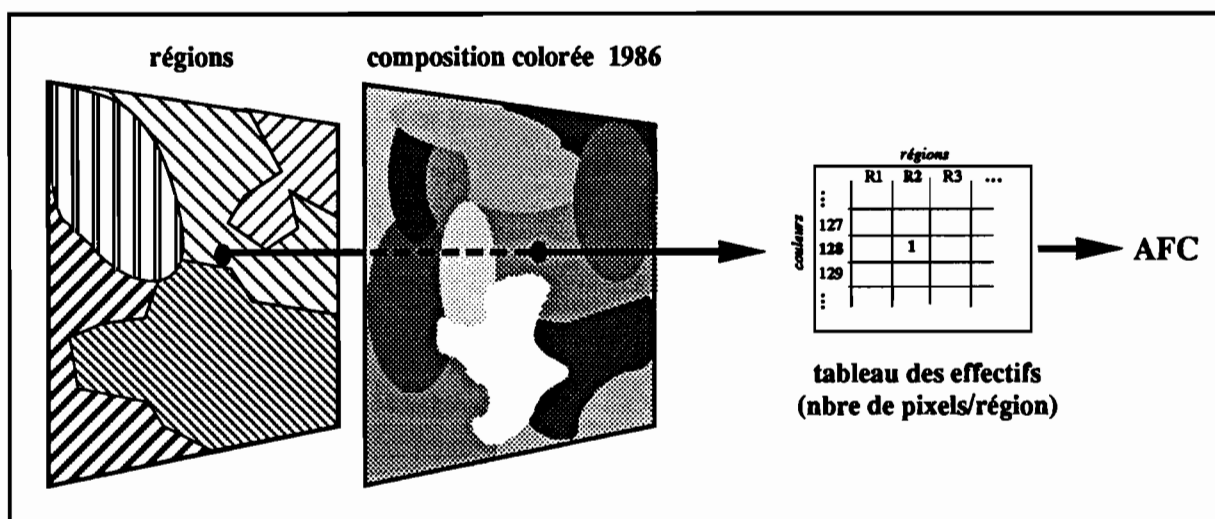


figure 53 : Analyse des régions de l'image selon leurs caractères de couleur, schéma de principe.

Nous verrons plus loin que nous avons utilisé la méthode pour d'autres types d'image, ce qui a parfois nécessité un très grand nombre de variables ; pour des raisons de taille mémoire, nous avons inversé les lignes et colonnes du tableau de départ. La méthode de l'A.F.C. permet cette inversion, car le tableau des effectifs initial est transformé en tableau des pourcentages en lignes et en colonnes.

On trouvera en Annexe 1 les résultats de ce calcul. Ce dernier permet de retrouver de manière plus formelle et systématique les associations et oppositions entre les couleurs, et de localiser les régions dans ces distributions.

Nous chercherons tout d'abord à caractériser les axes factoriels, avant de dégager les grandes structures de l'image.

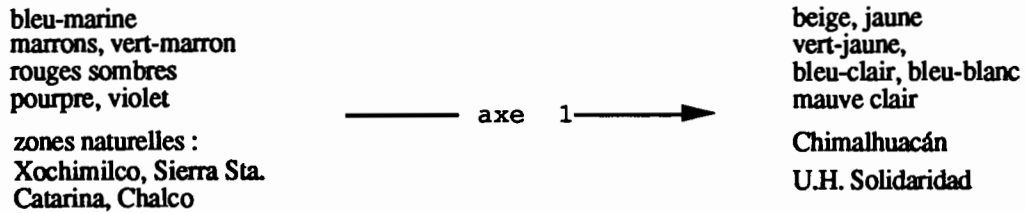
### 1.1. Les axes factoriels

Nous évoquerons les cinq premiers facteurs qui résument 76% de l'information.

- l'axe 1 met en évidence la principale opposition entre les couleurs : les couleurs claires et très claires (blancs et bleutés : V223, V187, V219, V255<sup>1</sup>... ou jaune-beige : V218, V186...)

<sup>1</sup> On ne citera dans ce travail que les valeurs à forte contribution (CTR) ou à cosinus carré élevé (COR).

sont discriminées des couleurs plus sombres (V73, V105, V109), parfois à dominante rouge (V36, V68, V72, V105, V137). La répartition des couleurs détermine celle des régions les plus typiques :



L'axe 1 met donc en évidence deux types de région :

- les régions caractérisées par de fortes réponses radiométriques dans l'ensemble des canaux (R1, R2, R50), qui correspondent à des secteurs en cours d'urbanisation sur les sols salins exondés du Texcoco ;
- les régions dont les réponses radiométriques, globalement faibles, traduisent l'aspect sombre des surfaces d'origine volcanique ou partiellement inondées, ou encore couvertes d'une végétation à l'activité chlorophyllienne réduite en saison sèche ; de telles surfaces sont essentiellement celles des milieux naturels : R41, R44, R45, R46.

Entre ces deux extrêmes, on remarque des situations intermédiaires, couleurs V146, V150, V182, qui décrivent la région R3 (Nezahualcóyotl) dont le sol clair est en partie masqué par le bâti dense. La disposition sur l'axe 1 des quatre régions urbanisées montre d'ailleurs divers états du sol urbains :

- R3 : urbanisation dense consolidée ;
- R2 et R50 : urbanisation en cours ;
- R1 : début d'urbanisation.

L'axe 1 résume donc la puissance des réponses radiométriques, sans distinction de canal ; il met en évidence une structure des surfaces mesurées d'après leur *brillance*<sup>1</sup>.

• **l'axe 2** révèle un aspect de la structure que le commentaire de la composition colorée n'a pas mis à jour : le rôle et l'importance des composés bleus dans la caractérisation des secteurs de

<sup>1</sup> Il ne s'agit pas de l'indice de *brillance*, mais d'une structure analogue à celle que pourrait mettre en évidence un tel indice.

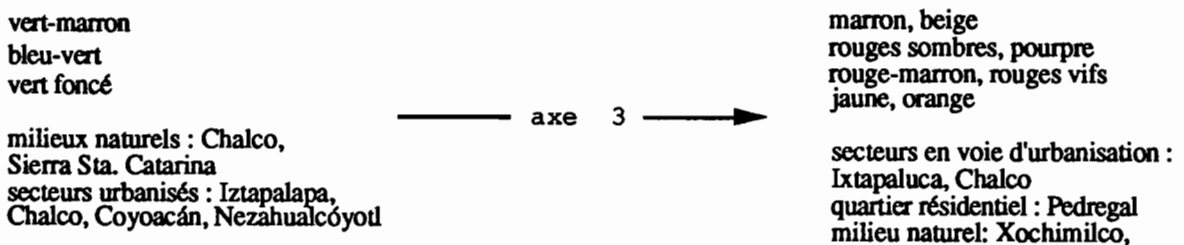
l'image. Ce facteur nous renseigne surtout sur l'opposition de ces composés (V110, V114, V118, V146, V150, V155), avec les rouges (V101, V104, V105, V132, V137, V141, V200, V230, V235) et les verts (V182, V186, V187, V219, V223).



L'axe 2 discrimine donc les régions à réponses radiométriques dominantes dans le canal 1, de celles caractérisées par des réponses dominantes notamment dans le canal 3. Les milieux naturels (R41, R45, R46) ainsi que le quartier résidentiel *Jardines del Pedregal* (R32), ressortent sur ce facteur, par la faiblesse de leurs réponses dans le bleu, plutôt que pour les dérivés de rouges qui composent leur surface sur l'image. La présence de la région R1 en apporte le témoignage, puisqu'il n'existe pas de rouges sur la surface.

Les régions R3 et R4 (Nezahualcóyotl), mais aussi R35 et R19 (Iztapalapa) correspondent à des quartiers d'urbanisation récente, face à des quartiers d'urbanisation plus ancienne (R5, R8, R33, R34...), ou peu dense (R32 : *Pedregal*), ou encore inexistante (R41...).

• l'axe 3 semble discriminer les couleurs selon le "dosage" de rouge dans leur composition ; ce facteur se définit donc pour le rouge comme l'axe 2 pour le bleu. Le groupe des rouges (V68, V100, V141, V132, V137, 169) et celui des jaunes et dérivés (V178, V209, V213, V214, V241) s'opposent aux verts et marrons foncés (V72, V73, V77, V109). Il existe également un groupe de couleurs intermédiaire à cette opposition : V113, V141, V145, V146, V150, V182.



Cette structure met en évidence les différences entre :

- les régions à couvert végétal (R45), parfois entretenu (R32), associé à des quartiers d'urbanisation, récente ou en cours, sur sols sombres (R9, R11, R16, R17, R36) ;
- les secteurs caractérisés par leurs surfaces minérales grises : béton ancien, terre ou poussière grise, qu'il s'agisse de surfaces correspondant à des milieux naturels (R12, R42, R46), ou à des quartiers denses achevés (R5, R58, R33).

La figure 54 ci-après schématise les grandes oppositions de couleurs selon les trois premiers axes que l'on retrouvera également dans la figure 55, page suivante :

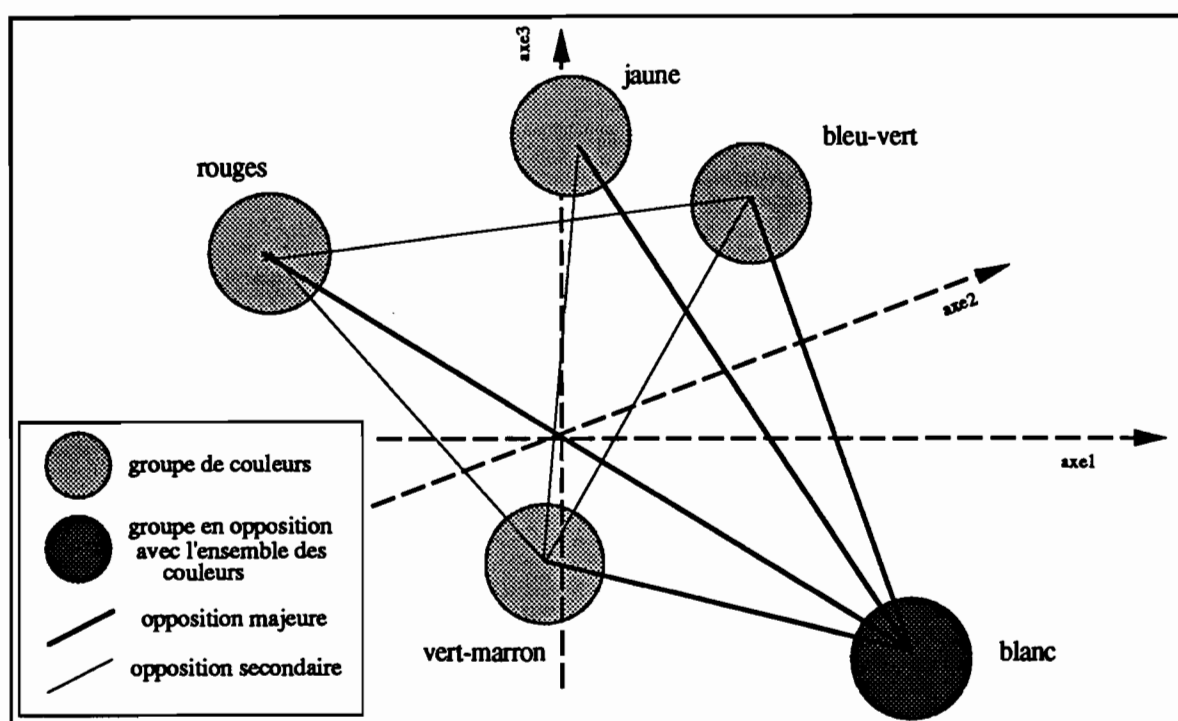
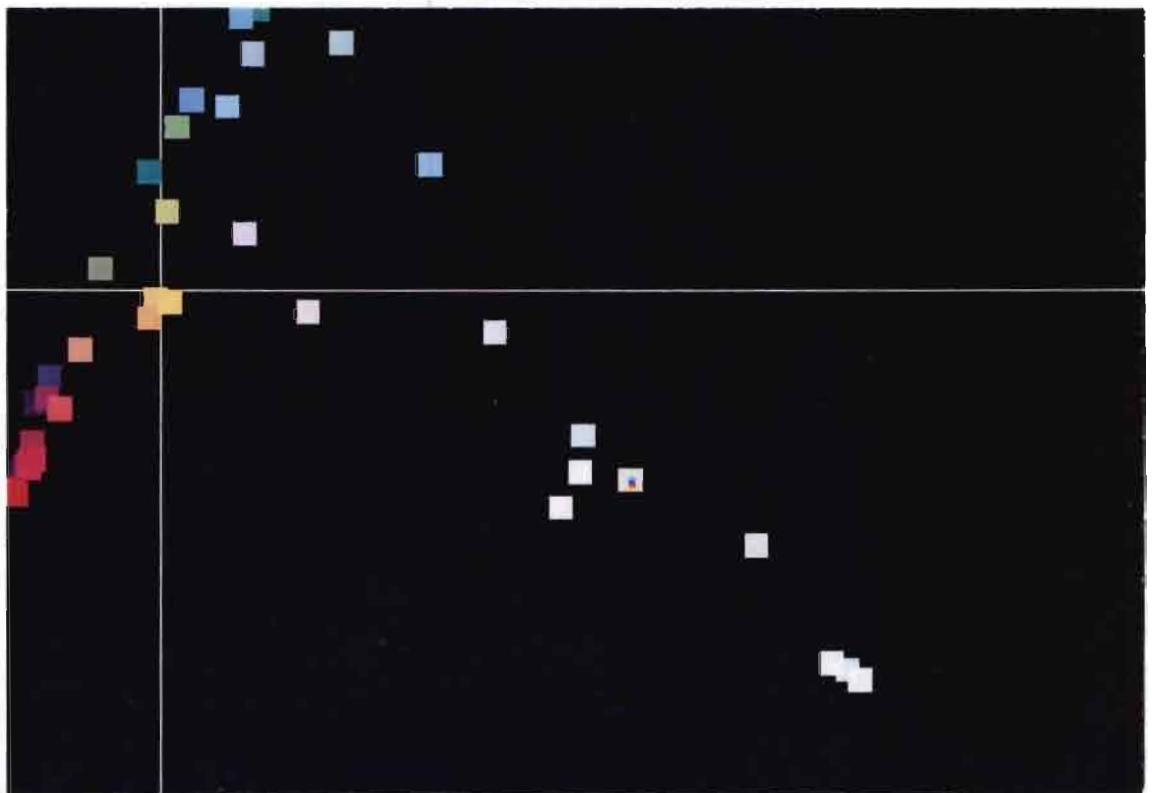


figure 54 : Structures de l'espace factoriel : grandes oppositions.

• les facteurs 4 et 5 montrent certaines similitudes avec les trois premiers axes, mais nous informent aussi de certaines subtilités dans la composition des couleurs, qui attirent notre attention sur les variétés thématiques.

On remarque ainsi, sur l'axe 4, une opposition selon les dosages du bleu et du vert dans la composition des couleurs (cas du bleu > vert, et cas du bleu < vert...), indépendamment des proportions de rouge. La structure thématique oppose corrélativement les régions dont la végétation est dispersée pour raison de développement urbain (R14, R17, R36, R39) ou pour





plan 1-2 (axe 1 horizontal, axe 2 vertical)

plan 2-3 (axe 2 horizontal, axe 3 vertical)

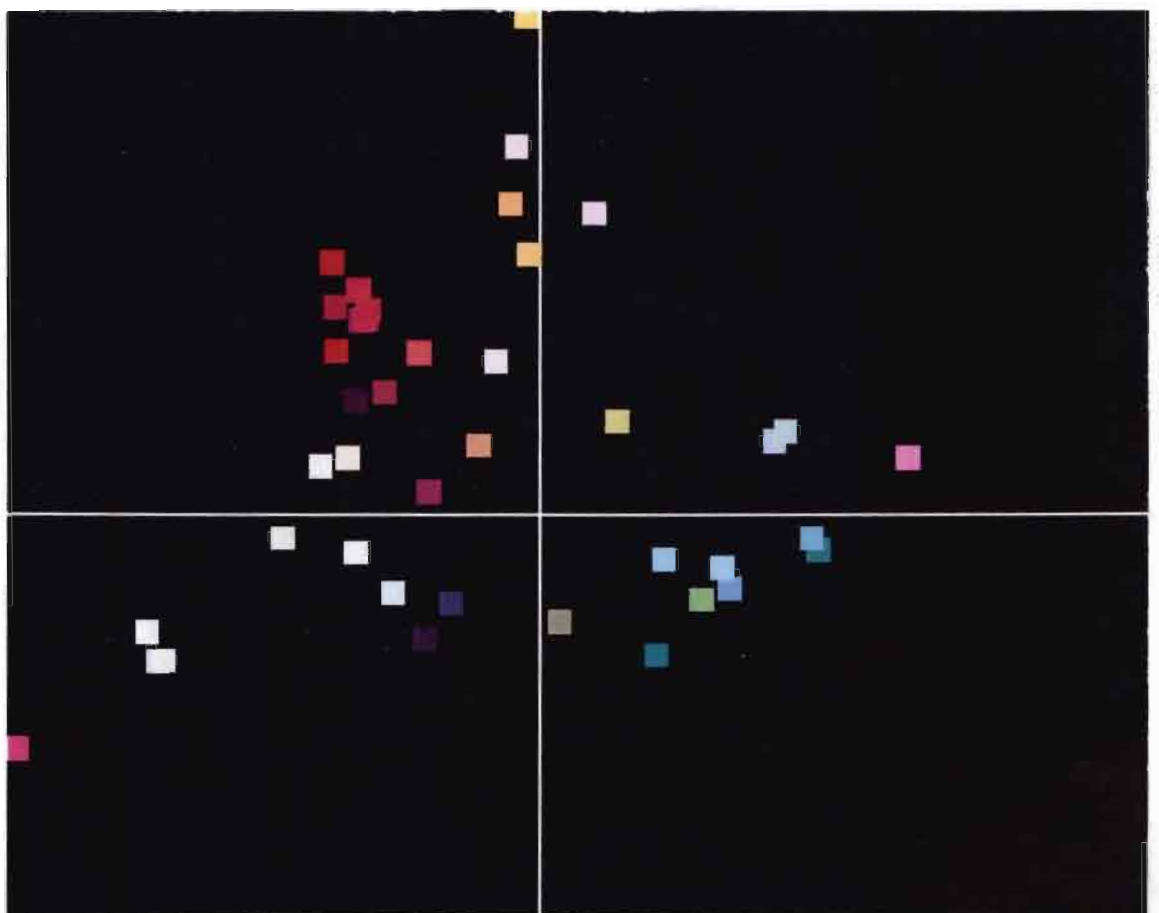


figure 55 : Emplacement des couleurs à forte contribution dans les plans factoriels 1-2 et 2-3.

raisons de changements saisonniers (R43, R47, R49), aux régions fortement (R32, R45) ou pauvrement (R3, R4) fournies en végétation. Les thèmes à dominante végétale ou à dominante de bâti sont donc opposés à ceux associant surface minérale et végétation.

- **l'axe 5** est d'interprétation plus difficile : il regroupe et oppose à la fois des couleurs sombres et claires, marquant sans doute les contrastes présentés par les différents types de surface au sol et leur hétérogénéité. C'est le cas des régions urbanisées denses (verts sombres), mais arborées (rouges sombres), ou au contraire, des secteurs naturels ou peu construits sporadiquement couverts d'une végétation sèche (rose, mauve associés aux gris et bleus-verts).

L'étude de l'espace factoriel décrit par les trois premiers axes nous aidera à préciser l'organisation du nuage de points et donc la structure de l'image. Cette étude est facilitée par un programme informatique spécifique qui crée une image en reconstruisant les plans factoriels, et en remplaçant chacune des couleurs en fonction de leurs coordonnées sur les facteurs. On trouvera un exemple de ce type de représentation page précédente, figure 55.

## 1.2. L'espace factoriel 1-2-3

La figure 56 ci-après propose une représentation schématique du nuage dans les trois dimensions. Cette représentation, sans échelle, respecte néanmoins la forme générale du nuage .

On remarque qu'il se compose essentiellement de trois éléments, ou sous-nuages, correspondant en fait à des excroissances qui prennent naissance dans le noyau centré sur l'origine :

- un sous-nuage qui marque la forte différenciation d'un petit groupe de régions caractérisées par des couleurs très claires, blanc et bleu clair, par rapport à l'ensemble de la distribution ;
- un second sous-nuage surtout déployé dans le plan factoriel 2-3, oppose les bleus-verts clairs à l'ensemble des rouges, clairs ou sombres, avec une nette inflexion à l'origine, marquée par la présence des vert-marron sombre ;

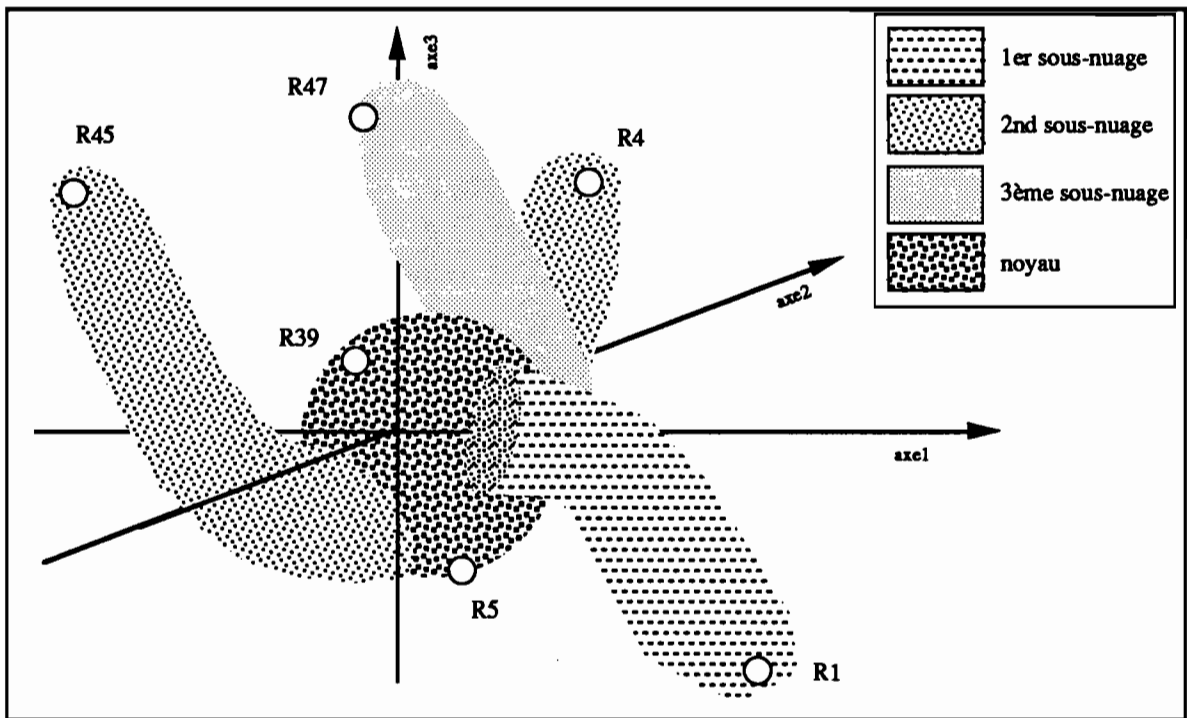


figure 56 : Structures de l'espace factoriel 3 dimensions, 51 régions.

- le troisième sous-nuage se développe le long de l'axe 3 et matérialise l'association des composés de rouges clairs (rose, orange...), ainsi que l'opposition de ce groupe à celui des verts-marrons sombres.

Il nous est possible d'apporter une première signification thématique à ces sous-nuages et aux régions inscrites dans cette structure, d'après leur localisation :

- le premier sous-nuage est constitué des secteurs dont les surfaces présentent des réponses radiométriques parmi les plus élevées : R1, R2, R50 et, dans une moindre mesure, R16 et R43. Ils correspondent à des secteurs susceptibles de développement urbain étant donné la dégradation avancée des sols visibles, en particulier lorsqu'ils sont salins (Chimalhuacán) ;
- le second sous-nuage rassemble les régions à couvert végétal dominant, essentiellement les milieux naturels selon leur état en mars, et les oppose aux secteurs à couvert minéral dominant,

par le sol (terres dénudées, sombres : Chalco), ou par le béton (quartiers fortement urbanisés, anciens : Coyoacán, ou récents : Nezahualcóyotl) ;

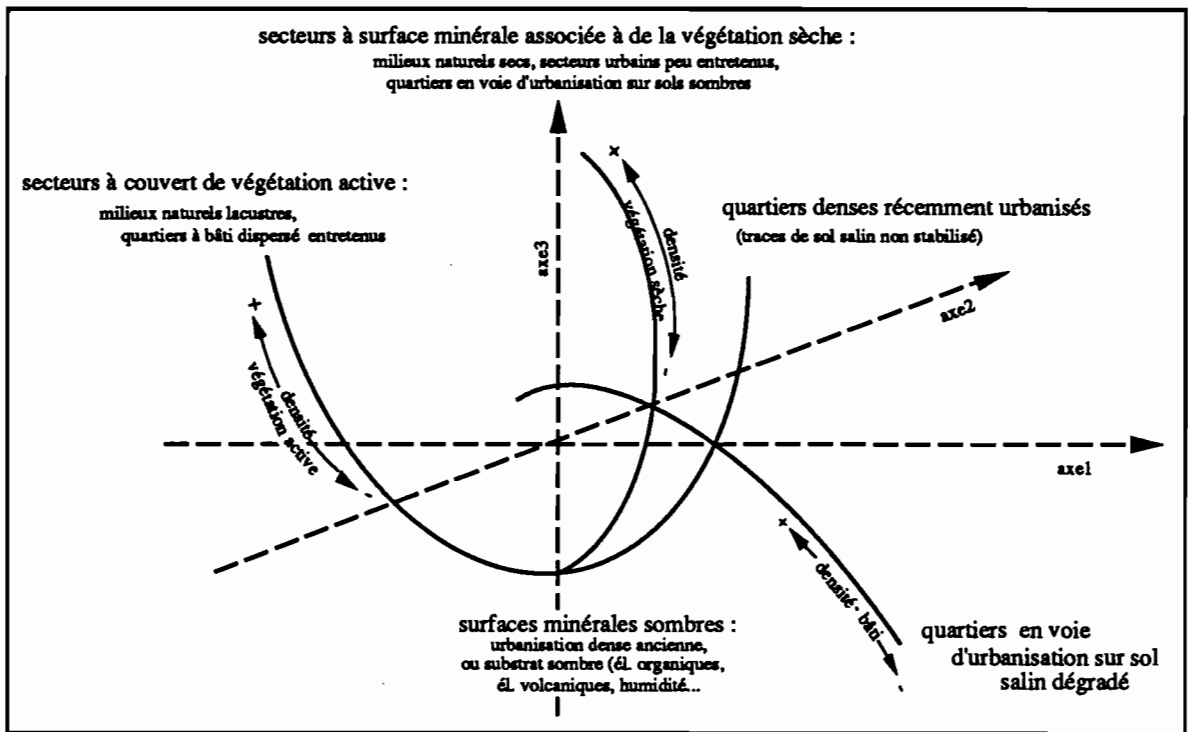


figure 57 : Structures thématiques du nuage, d'après les couleurs.

- la structuration des couleurs du troisième sous-nuage permet de distinguer les surfaces minérales selon la présence ou l'absence de végétation, et l'état de celle-ci, que ces surfaces soient d'origine naturelle (R43, R47) ou urbaine (R9, R15).

Nous verrons plus loin (§ 3) que l'essentiel des structures mises en évidence par cette méthode sur la composition colorée, se retrouve sur des canaux de natures différentes.

La nature-même de la composition colorée, son mode de création, confèrent à ce type d'image d'autres caractéristiques que l'A.F.C. permet de mettre en évidence, notamment l'organisation radiométrique.

### 1.3. Retour à l'information spectrale

Pour chacun des canaux SPOT, on a déterminé la moyenne des valeurs radiométriques des couleurs à forte contribution<sup>1</sup> ( $CTR > 0,800$  environ), et on a cherché, en fonction de leurs caractéristiques spectrales, à établir les relations des variables entre elles, et des variables avec les axes factoriels.

Pour faciliter l'analyse, on a placé les signatures en niveaux de gris selon les coordonnées des couleurs correspondantes dans les plans factoriels<sup>2</sup>. On a donc étudié les caractéristiques des réponses radiométriques dans les canaux en relation avec la position de la variable correspondante dans l'espace factoriel.

Toutes les signatures présentées dans les figures ci-après ont été tracées à la même échelle de façon à permettre les comparaisons graphiques.

#### 1.3.1. Caractéristiques spectrales des variables du plan 1-2

La figure 58 présente les signatures spectrales replacées dans le plan 1-2. Il en ressort quelques précisions sur les caractères observés plus haut :

- les couleurs les plus claires (à droite de la couleur V150 sur l'axe 1) se caractérisent par une signature en "accent circonflexe", c'est-à-dire par des réponses plus fortes dans le canal 2 que dans les autres canaux. Cette particularité est intéressante, puisque les réponses dans le canal 2 sont généralement inférieures à celles du canal 1 de SPOT de notre distribution.

Au contraire, dans la partie négative de l'axe, les courbes des valeurs radiométriques dans les trois canaux forment une droite ou se distribuent en "V", c'est-à-dire que la valeur du canal 2 n'est plus dominante (figure 60).

---

<sup>1</sup> ...forte contribution dans au moins l'un des trois premiers facteurs.

<sup>2</sup> Les valeurs déterminant les signatures spectrales sont égales à la moyenne des niveaux de gris dans chacun des trois canaux, pour chacune des couleurs.

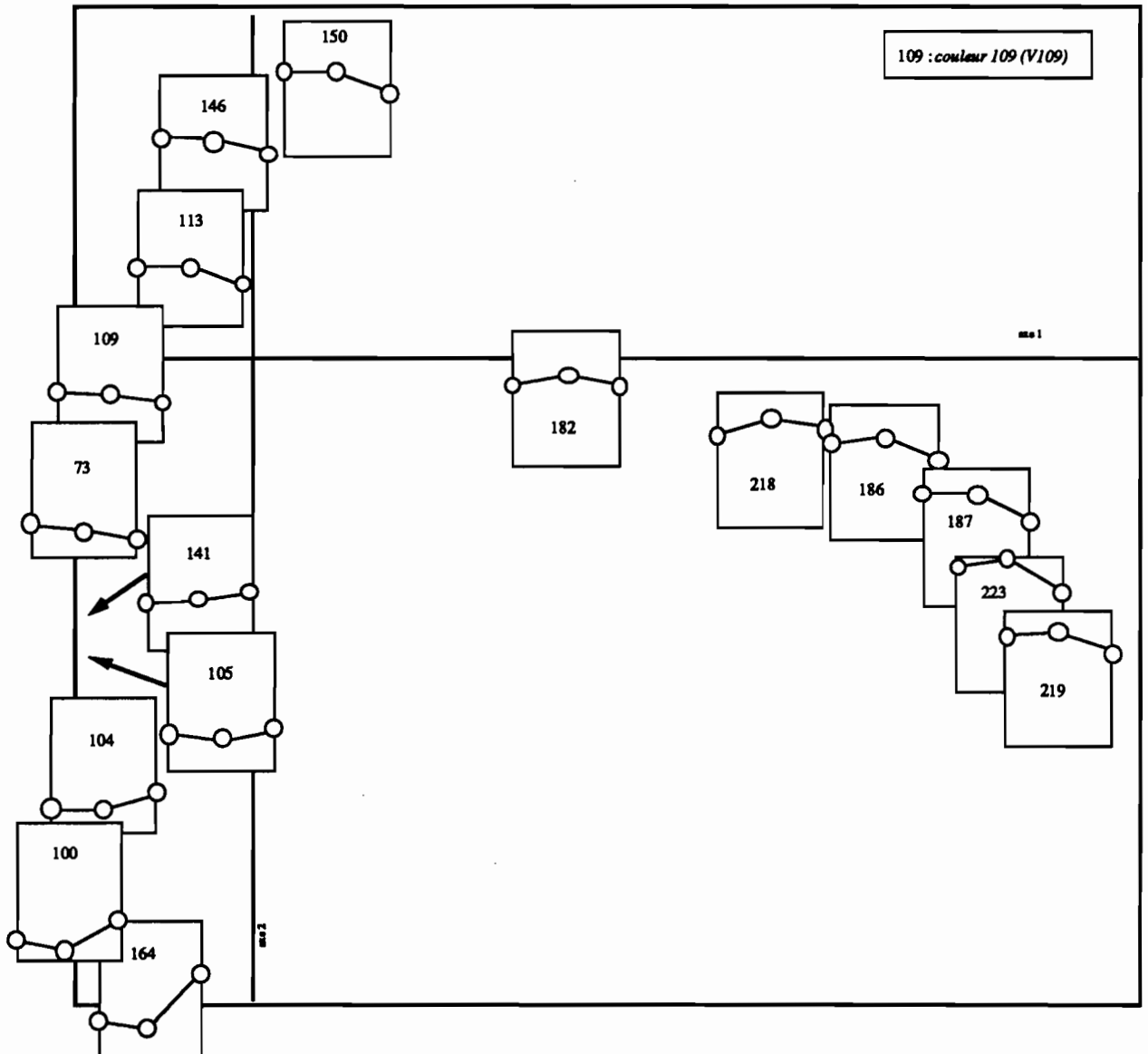


figure 58 : Les signatures en niveaux de gris dans le plan factoriel 1-2.

- sur la séquence qui suit l'axe 2, de sa partie négative à sa partie positive, les valeurs des réponses augmentent globalement jusqu'à la couleur V150.
- la forme des signatures des couleurs distribuées dans la partie négative du premier facteur évoluent au long de l'axe 2 : la valeur des réponses dans le canal 3 s'abaisse progressivement (couleurs V164, V100, V104, V105...), en valeur absolue et relative, jusqu'à devenir inférieures aux réponses des deux autres canaux à proximité de l'origine du facteur.

Dans les parties positives de l'axe, les réponses du canal 3 continuent de baisser relativement aux autres canaux. L'inflexion du tracé des signatures s'affirme avec la montée en puissance du canal 2 par rapport au canal 1.

• l'opposition des couleurs claires avec celles plus sombres apparaît ici nettement : à droite du plan, les réponses radiométriques atteignent les valeurs les plus fortes enregistrées dans l'image ; à gauche au contraire, elles sont globalement plus basses.

Ce caractère apparaît mieux sur la courbe des réponses des couleurs selon les coordonnées correspondantes sur l'axe 1 (figure 59) :

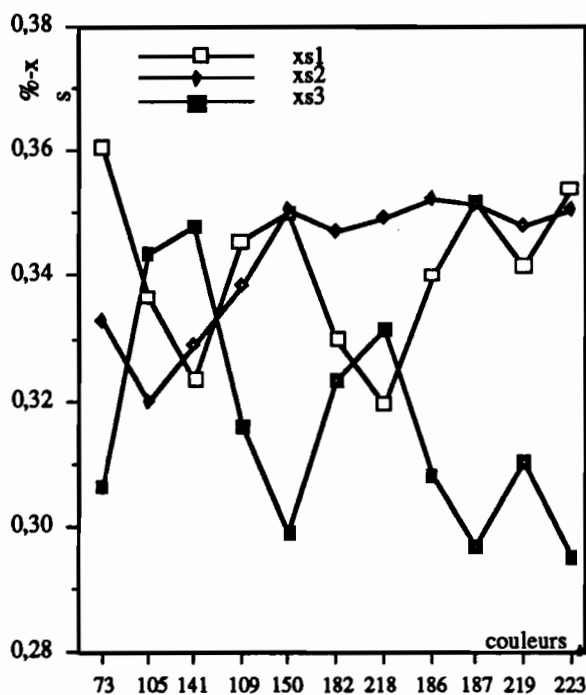


figure 59 : Réponses moyennes des couleurs réparties sur le facteur 1.

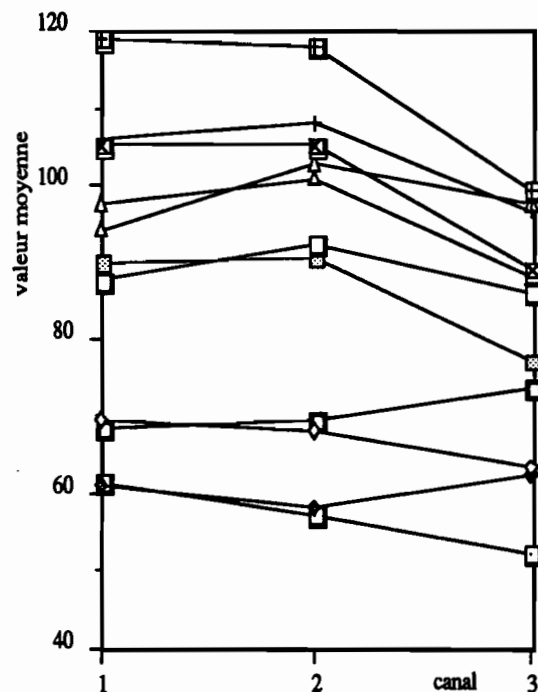


figure 60 : Signatures en niveaux de gris des couleurs à forte contribution sur le premier facteur.

La figure 61 ci-après montre l'évolution de la part respective de chaque canal dans la réponse globale enregistrée, en fonction de ses coordonnées sur l'axe 2 :

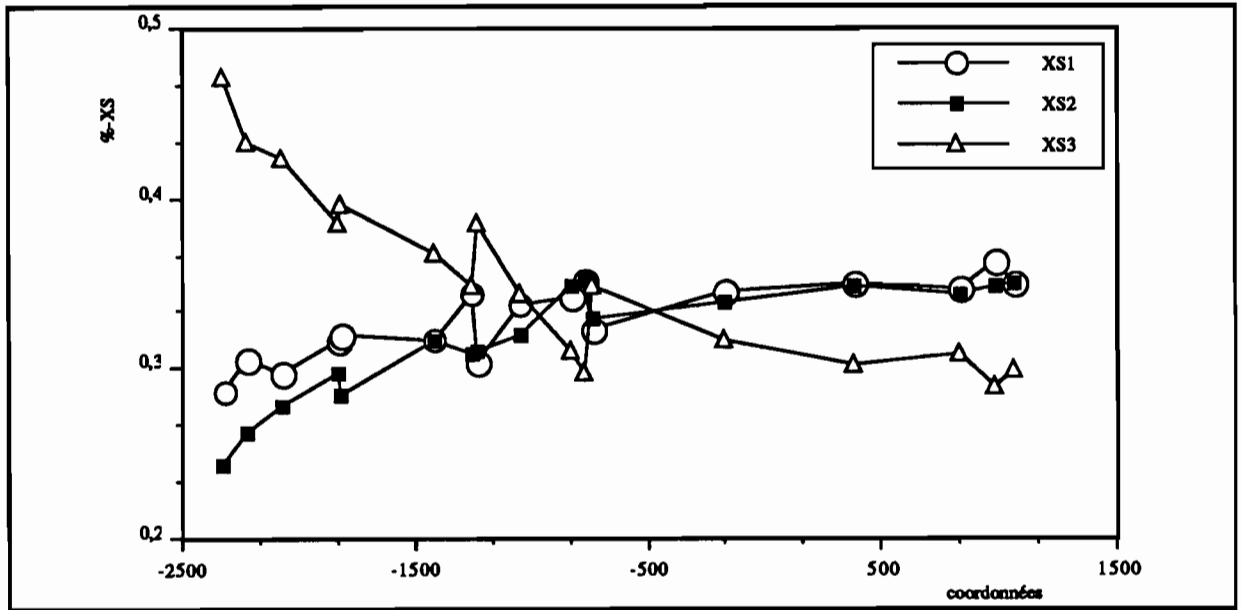


figure 61 : Réponses radiométriques proportionnelles de chaque canal des variables à forte contribution sur l'axe 2.

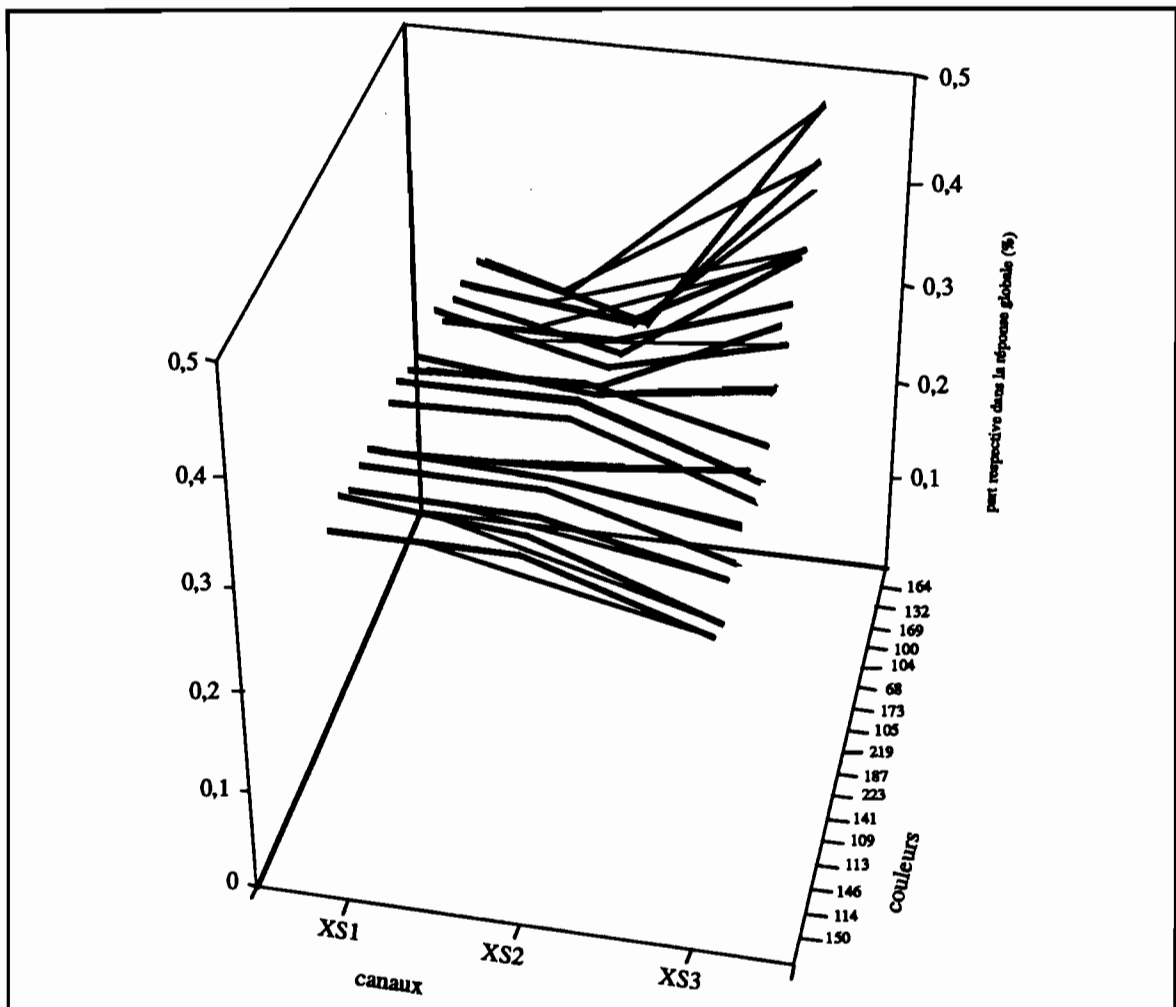


figure 62 : Signatures en niveaux de gris relatives sur l'axe 2.



Une autre représentation montre la succession des signatures en niveaux de gris sur l'axe 2, selon les réponses radiométriques relatives et absolues dans les trois canaux (respectivement figures 62 ci-dessus et 63 ci-dessous).

La première figure permet de suivre l'évolution des formes de signature, et la seconde replace les signatures dans l'espace radiométrique réel :

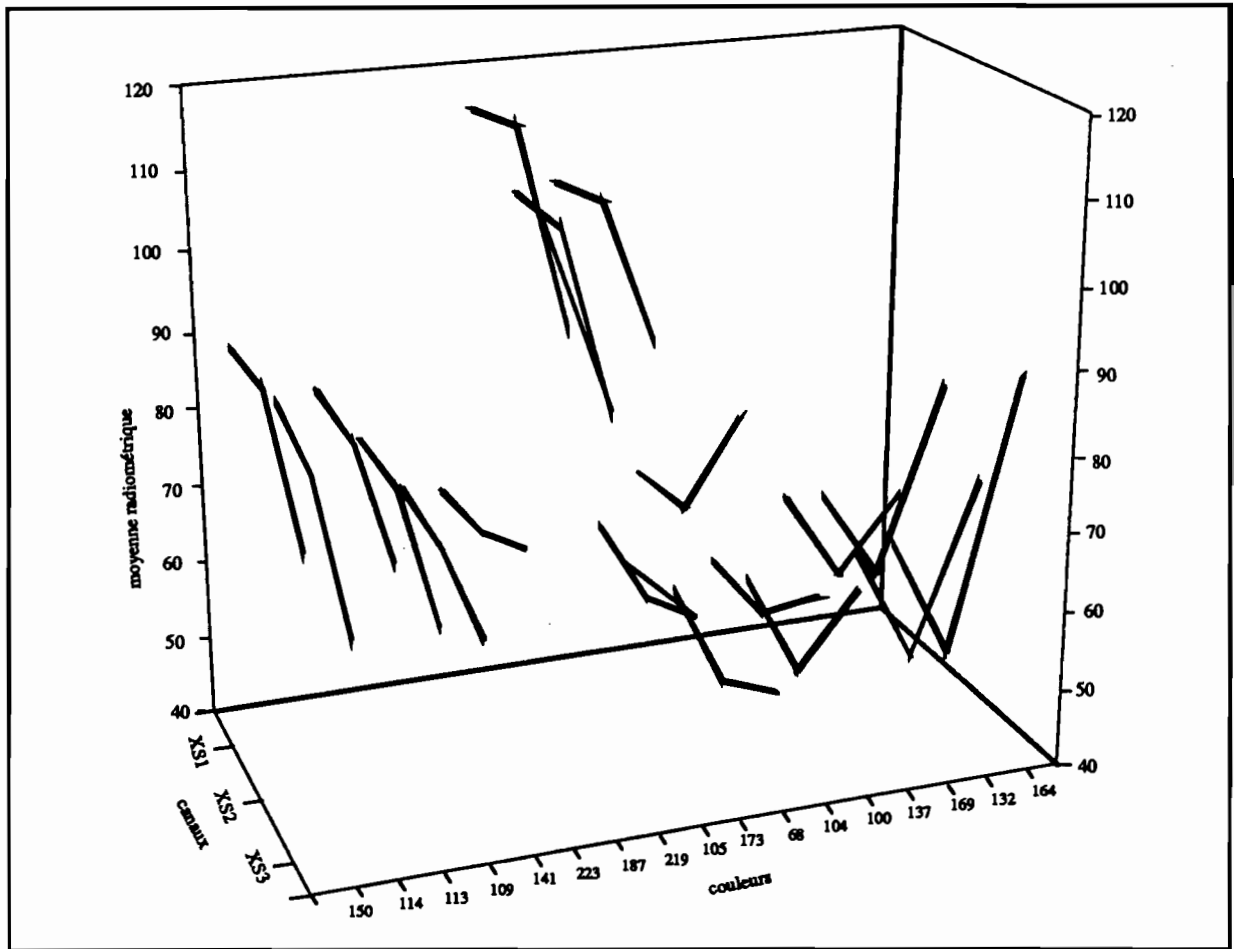


figure 63 : Signatures en niveaux de gris absolues sur l'axe 2.

### 1.3.2. Caractéristiques spectrales des variables du plan 2-3

La distribution des couleurs sur l'axe 2 est nuancée par l'axe 3. Des valeurs positives aux valeurs négatives de celui-ci, on observe une baisse globale des valeurs relatives des réponses dans le canal 3, et l'augmentation conjointe des valeurs dans les deux canaux du domaine visible.

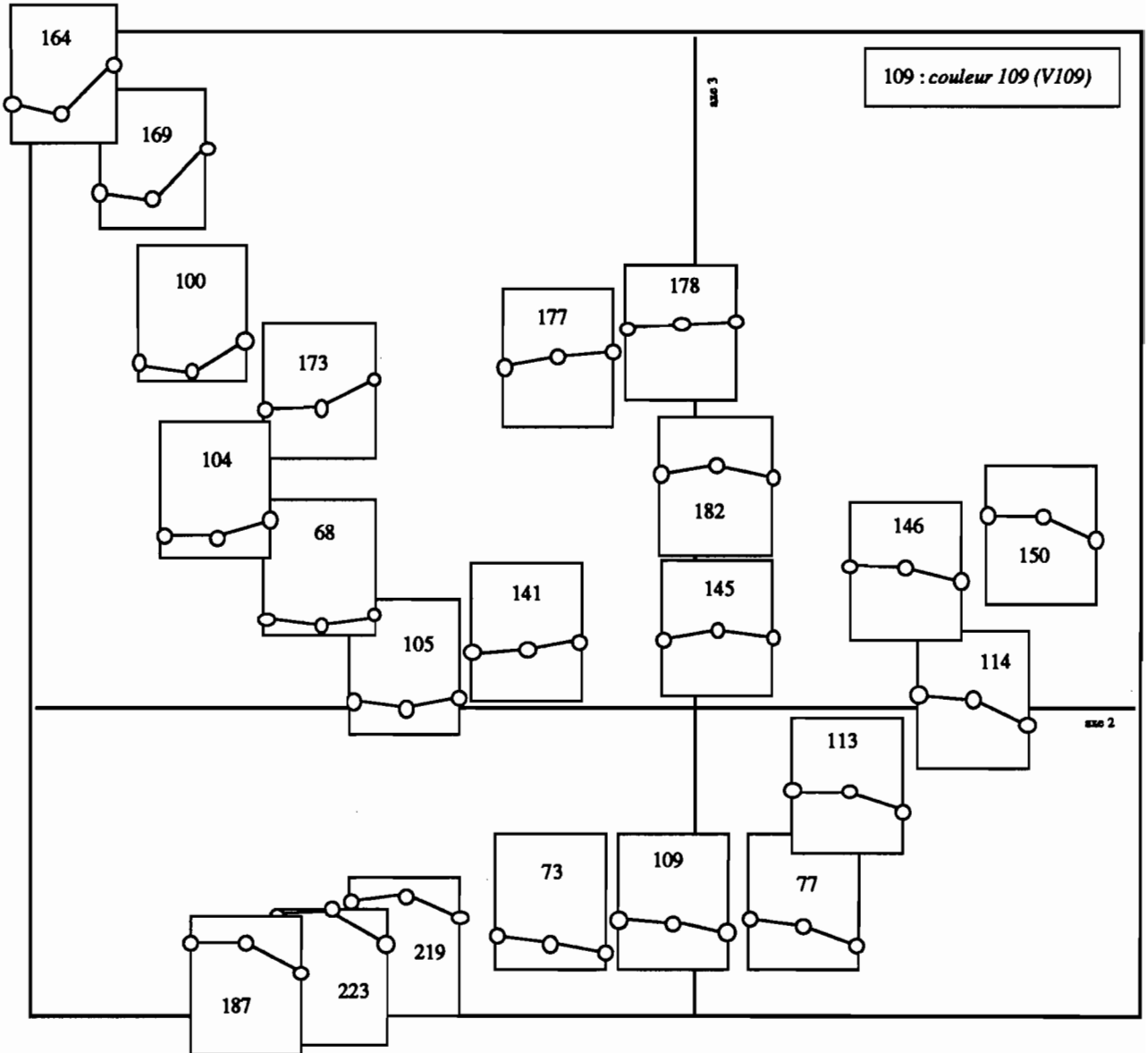


figure 64 : Les signatures en niveaux de gris dans le plan factoriel 2-3<sup>1</sup>.

Les signatures confirment les situations intermédiaires que nous avons localisées par association avec les régions (voir ci-dessus). Ainsi, les signatures du groupe des couleurs V178, V177, V182, V145 se caractérisent par une association des propres caractéristiques des signatures à forte réponse radiométrique dans le canal 3 (à gauche de l'axe 3), et celles des couleurs situées à droite de celui-ci: réponses fortes dans les deux premiers canaux. Rappelons que ces couleurs correspondent à des secteurs peu urbanisés qui laissent place à des sols couverts de végétation dans des proportions diverses : davantage dans la partie supérieure de

<sup>1</sup> Pour des raisons de lisibilité du schéma, toutes les variables à forte contribution ne sont pas représentées.

l'axe 3 (couleurs V177, V178), moins vers l'origine (V182, V145), absence en milieu gris sombre dans la partie négative de ce facteur (V73, V109, V77).

Les structures apparaissent plus nettement en reprenant les sous-nuages.

### 1.3.3. Structures des sous-nuages, aspects radiométriques

La figure 65 présente la répartition sur l'axe factoriel 2 des signatures en niveaux de gris caractérisant les couleurs du second sous-nuage que nous avons identifié dans le plan 2-3<sup>1</sup> (voir ci-dessus).

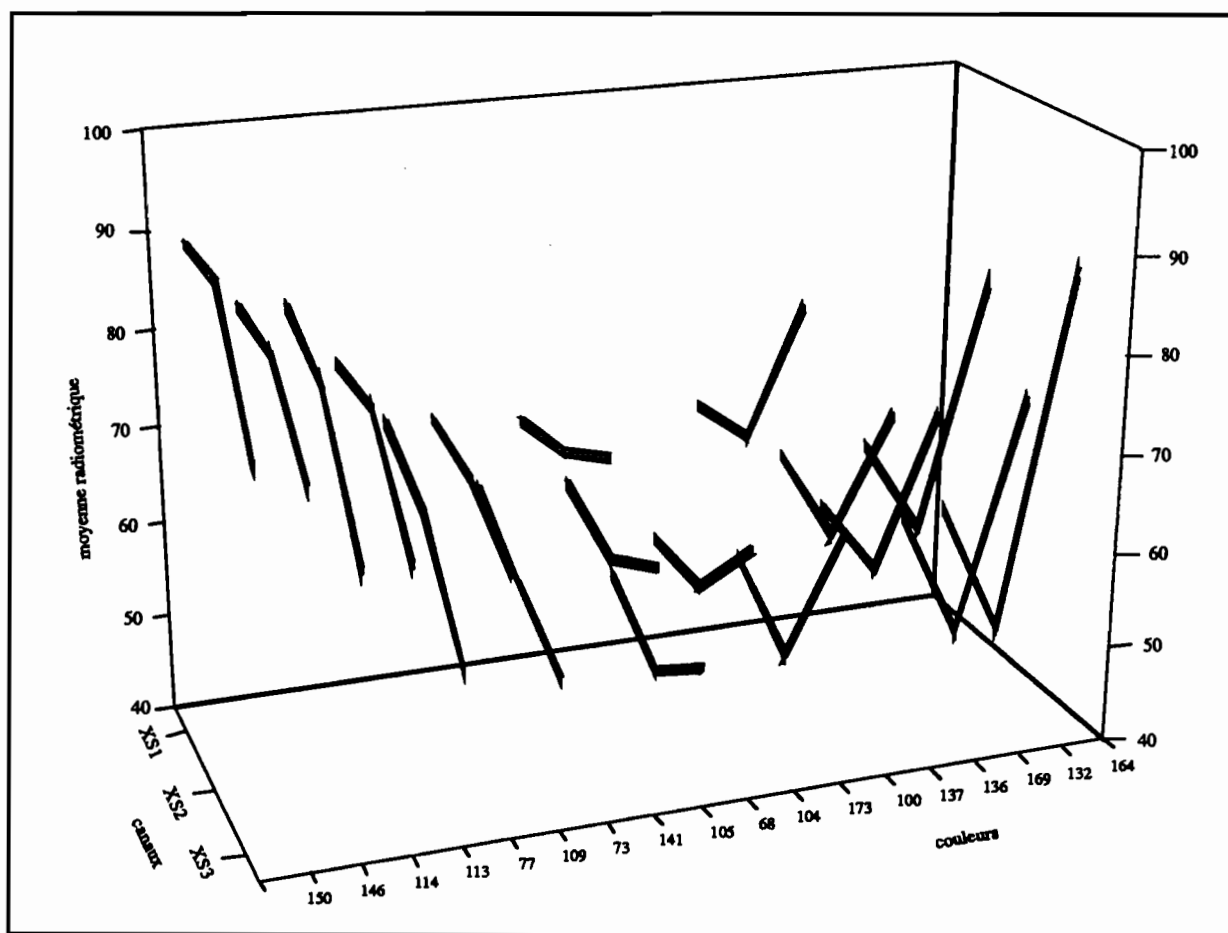


figure 65 : Signatures spectrales absolues du premier sous-nuage disposées sur l'axe 2.

<sup>1</sup> Variables à forte contribution des axes 2 et 3.

Ce sous-nuage est globalement caractérisé par des réponses plus fortes dans le canal 1 que dans le canal 2. On remarque trois grands types de signatures disposées, des coordonnées négatives de l'axe aux coordonnées positives (ici, de droite à gauche) :

- le groupe des signatures typiques de la végétation à forte activité chlorophyllienne ; les écarts entre les réponses diminuent vers l'origine de l'axe en même temps que l'ensemble des trois canaux prend des valeurs plus fortes et que l'écart entre les canaux 1 et 2 tend à diminuer ;

- quatre couleurs (V104, V68, V105, V141) dont les signatures sont encore en forme de V, mais où le canal 1 domine le canal 3 ; ce groupe est celui de la végétation à moindre activité chlorophyllienne ou à moindre densité végétale dans un milieu plus ou moins sombre ; il possède les caractères des réponses de la végétation et ceux de surfaces minérales et se place donc en transition entre le type de signature précédent et le troisième ; la limite supérieure de ce groupe est la coordonnée 0 sur l'axe 2 ;

- le troisième groupe se situe dans la partie positive du facteur ; les signatures se caractérisent par des réponses dans le canal 3 inférieures à celle des deux autres canaux ; comme pour le premier groupe, les valeurs radiométriques sont globalement plus fortes vers la gauche du schéma, et l'écart entre les canaux 1 et 2 diminue ; ces signatures sont typiques des surfaces minérales claires dépourvues de végétation.

Les signatures du premier sous-nuage se caractérisent par une réponse plus forte dans le canal 2 que dans le canal 1. De la droite vers la gauche du schéma, les valeurs du canal 3 diminuent relativement aux autres canaux :

- à droite, les couleurs V177 et V178 se caractérisent par des réponses plus fortes dans le canal 3 liées à la présence de végétation sporadique ;

- les signatures des sols les plus clairs se situent à l'autre extrémité de l'axe, caractéristiques par leur très basse réponse dans le canal 3 par rapport aux autres canaux.

Des signatures de configuration intermédiaire : valeurs du canal 3 proches de celles du canal 1, se présentent en situation intermédiaire entre ces deux groupes.

Le troisième sous-nuage regroupe des courbes de formes intermédiaires, composées de l'association des courbes extrêmes du second sous-nuage. On remarque également les basses valeurs de niveaux de gris au point d'inflexion de ce même sous-nuage, par rapport à celles de l'extrémité droite.

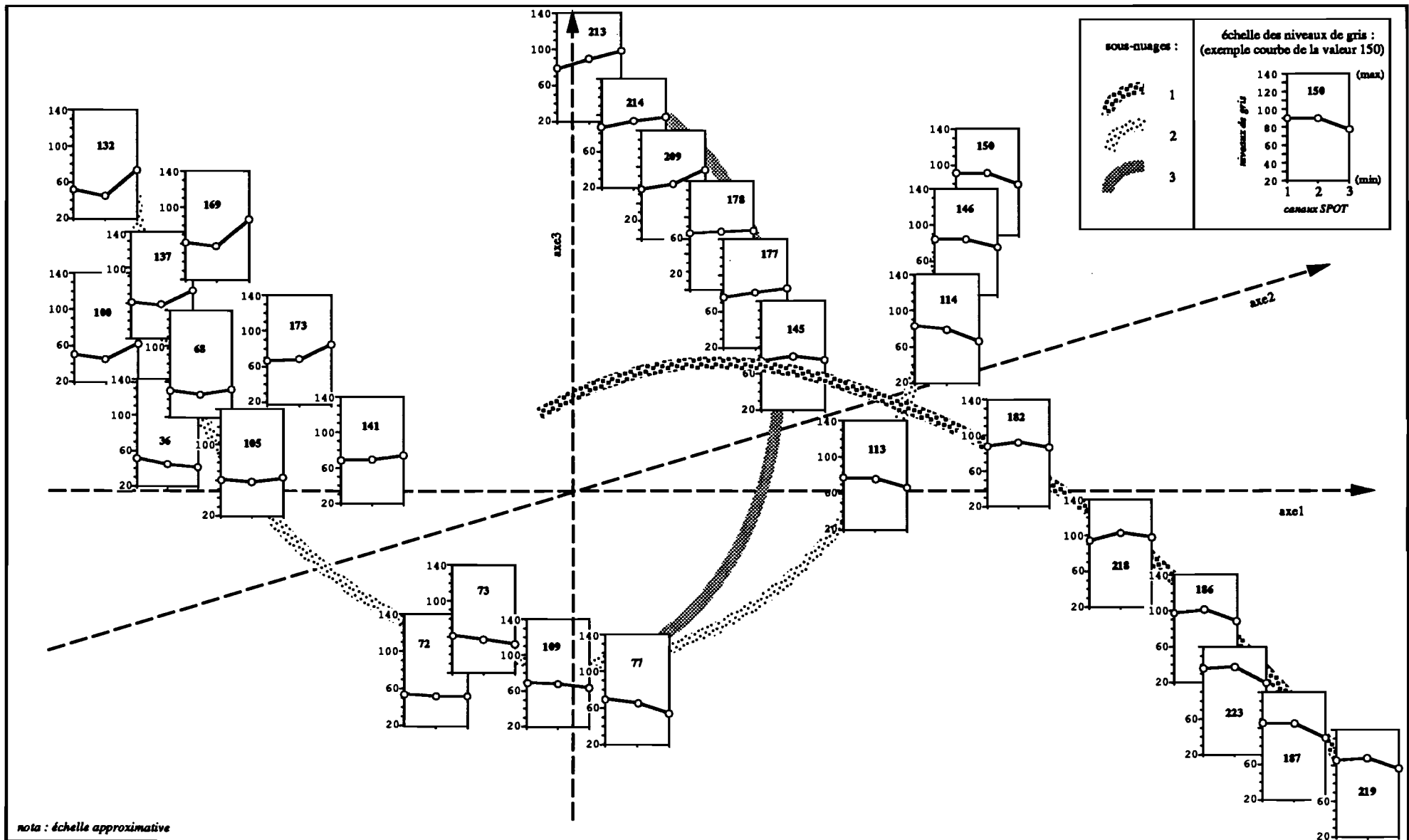


figure 66 : Structures radiométriques de l'espace factoriel 1-2-3, 51 régions, schéma.

La figure 66 de la page précédente, résume les aspects radiométriques évoqués. On vérifiera aisément les correspondances entre ces caractéristiques radiométriques et les thèmes mentionnés en paragraphe 1.2 (voir figure 57).

L'analyse globale montre par ailleurs que les signatures spectrales des 27 variables à forte contribution se construisent à partir de permutations d'un nombre restreint de valeurs radiométriques dans les trois canaux. Les couleurs retenues se regroupent par exemple autour de cinq valeurs dans le canal 3 : approximativement V55, V65, V75, V85 et V100. Ces permutations, liées au mode de partition utilisée pour la composition colorée, apparaissent dans la figure 67 de la page suivante.

#### 1.3.4. Trame radiométrique

Ces groupes de couleurs structurent les sous-nuages : si l'on relie les variables de l'espace factoriel par une ligne de même réponse radiométrique dans un canal, on matérialise la répartition des couleurs selon leurs signatures et l'évolution de celles-ci en fonction des axes. On symbolise également la forme des sous-nuages et le contenu radiométrique de leurs constituants.

La structuration de l'espace factoriel la plus intéressante est celle mise en place à partir des *isorouges\** c'est-à-dire des lignes qui joignent les variables de même valeur dans le canal 3 (voir figure 67). En effet, nous avons vu ci-dessus que les couleurs se regroupent dans ce canal en ensembles moins nombreux et plus resserrés que dans les deux autres canaux.

Dans le plan 2-3, figure 68 on remarque que les trois isorouges suivent une pente depuis la partie supérieure gauche du plan, avant de s'orienter parallèlement à l'axe 2. Ces ruptures de pente correspondent aux couleurs :

- V141 pour l'isorouge 1 ;
- V109 pour l'isorouge 2 ;
- V173 pour l'isorouge 3.

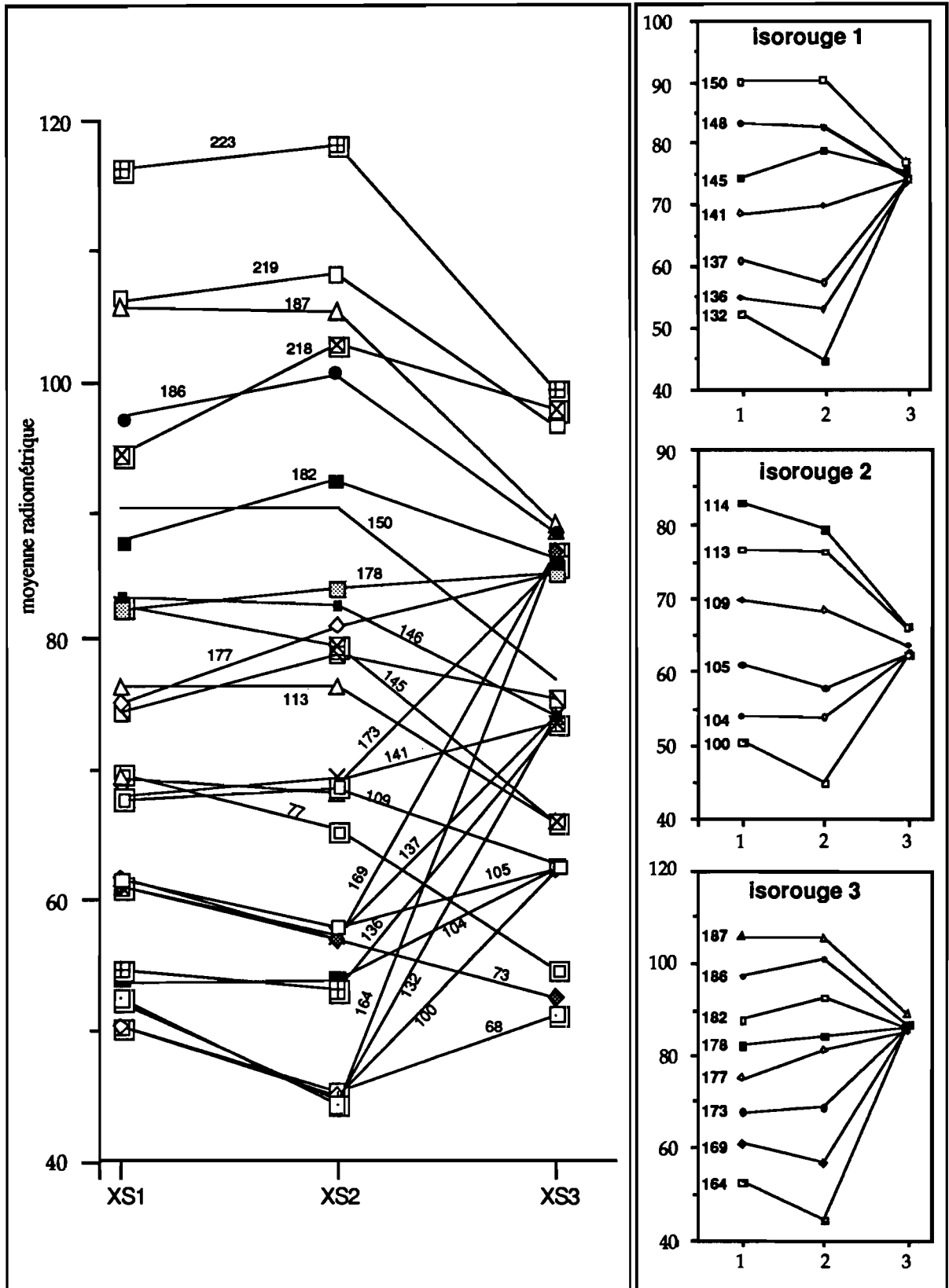


figure 67 : Signatures spectrales des 27 couleurs à forte contribution dans au moins l'un des trois premiers axes.

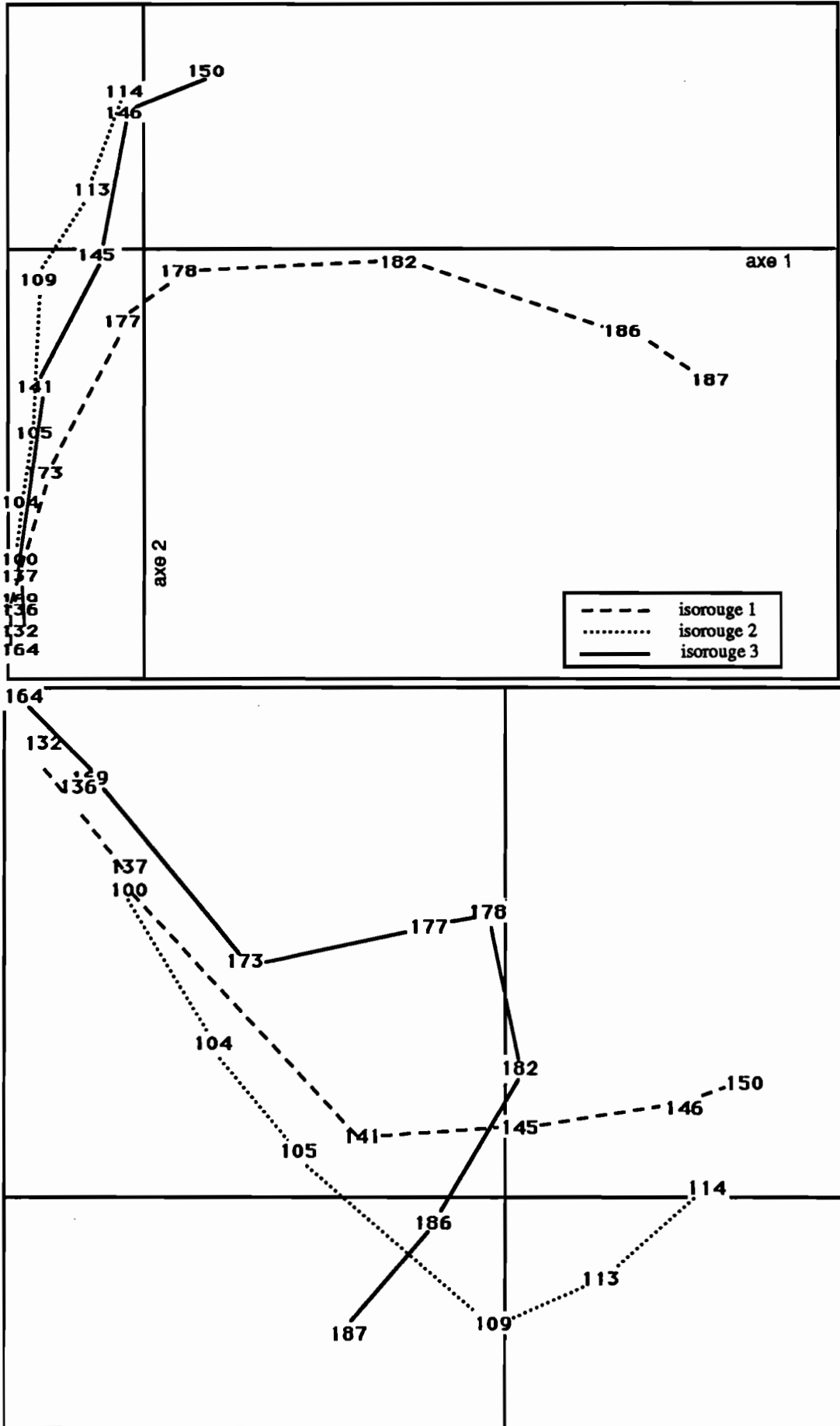


figure 68 : Isorouges dans les plans factoriels 1-2 et 2-3.



Ces portions de droite rassemblent les couleurs caractérisées par les deux grands types de signatures spectrales qui s'opposent : celles des surfaces minérales et celles de la végétation (respectivement portions de droite horizontales et obliques).

Le tracé d'*isobleus* et d'*isoverts*, lignes d'égaies réponses dans les canaux 1 et 2 respectivement, est plus difficile parce que les groupes de couleurs sont plus nombreux et distendus dans la distribution des valeurs. Néanmoins, on constate figure 69, que ces lignes sont orientées différemment des isorouges, et qu'elles coupent ces dernières en formant une trame.

Cette disposition correspond à une représentation dans l'espace factoriel de la structure induite par le mode de recodage arborescent des réponses radiométriques qui a été choisi pour la création de la composition colorée. Cet espace est donc constitué d'une *trame* des radiométries déformée selon les caractères de la population étudiée et des individus qui la composent, ainsi que les oppositions calculées par l'A.F.C.

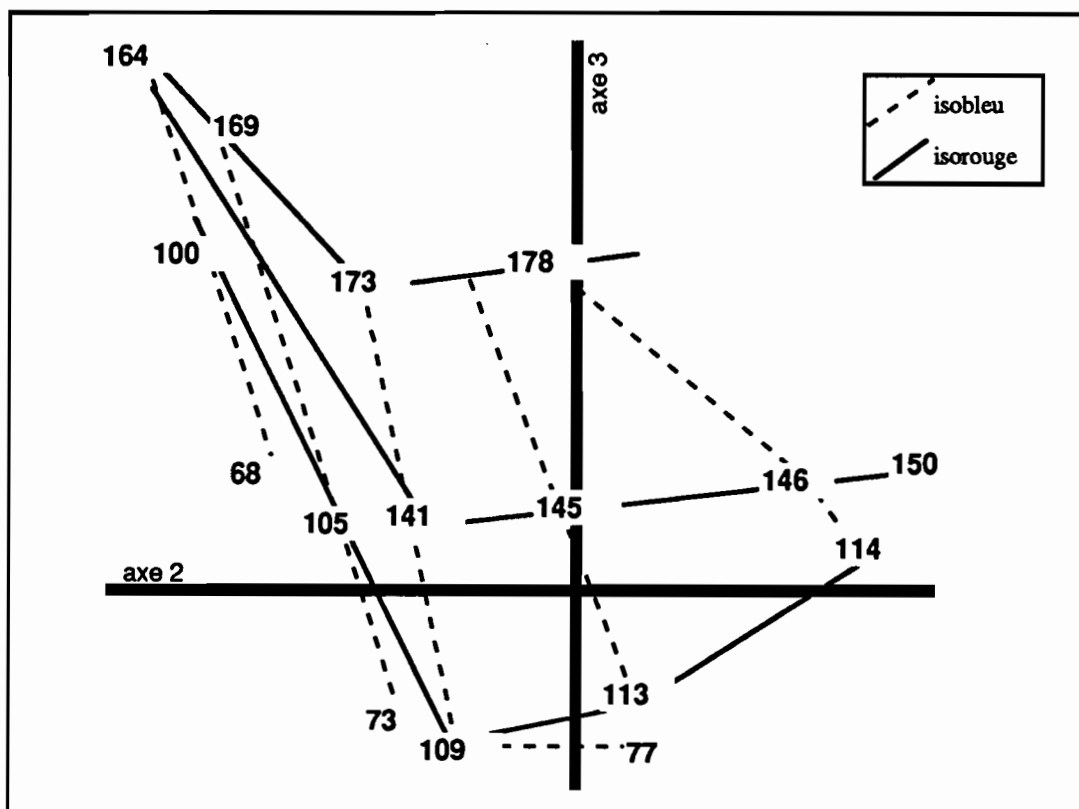


figure 69 : Positions des isobleus-isoverts par rapport aux isorouges (plan factoriel 2-3).

Les variables de moindre importance (faibles contributions) s'inscrivent dans cette organisation d'une manière moins nette. On observe en effet, que les lignes de même moyenne radiométrique ont un tracé plus irrégulier dans l'espace factoriel ; cela est dû à l'emplacement des couleurs de petits effectifs, spécifiques, dans le détail, à certaines régions ou à certaines associations particulières de couleurs. Les caractères propres des individus interviennent donc davantage dans l'emplacement des couleurs.

L'Analyse a confirmé l'existence d'associations de couleurs qui forment des groupes stables et cohérents, au moins sur les quatre premiers axes :

- dans le type de signature spectrale ;
- dans leur distribution et leurs grandes oppositions dans l'espace factoriel ;
- dans leur association avec les régions qu'elles caractérisent...

L'espace factoriel nous est également apparu structuré selon des critères radiométriques qui le divisent en secteurs correspondant à des thèmes précis.

### **1.3.5. Séquences de couleurs**

L'étude des plans factoriels, des associations de couleurs et de leurs moyennes radiométriques, montre que les couleurs sont regroupées selon les dégradés des gris dont elles représentent la synthèse. Il est aisé de mettre en évidence, dans les plans factoriels, des voisinages de couleurs dont les numéros sont liés par des relations arithmétiques constantes, dues à la partition arborescente ayant déterminé le calcul des couleurs. Ainsi, on rencontre fréquemment des associations de couleurs dont les numéros diffèrent :

- de 1 niveau de gris, exemples : V72-V73, V132-V133, V145-V146, V185-V186...
- de 4 niveaux de gris, exemples : V64-V68, V73-V77, V114-V118, V133-V137-V141...
- de 32 niveaux de gris, exemples : V32-V64, V41-V73-V105-V137-V169, V187-V219, V223-V255...

Ces séquences correspondent à des gammes de couleurs qui traduisent l'existence de thèmes bien particuliers dont les réponses radiométriques se situent à différents niveaux d'intensité. L'Annexe 2 permet de constater les différences de moyennes radiométriques dans les trois canaux, en fonction du numéro des couleurs.

Il est possible de dresser un *carré des séquences* qui donne les voisinages de couleurs les plus fréquents :

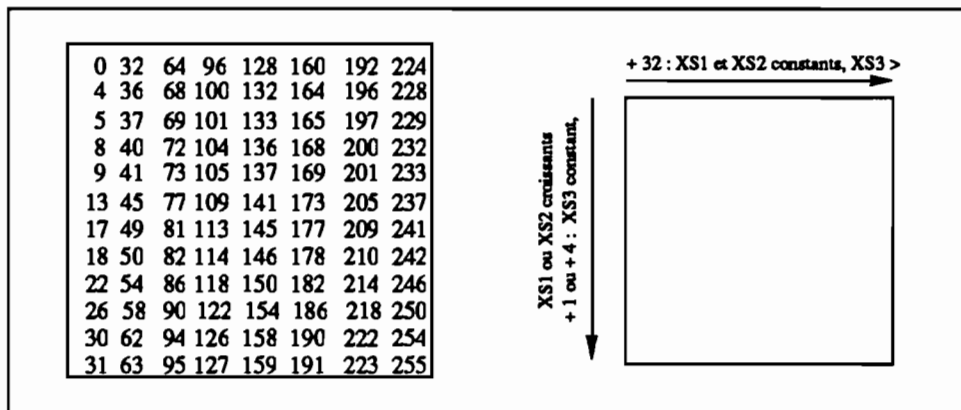


figure 70 : Séquences de couleurs.

On trouvera figure 42 en chapitre 6, une représentation en couleur de ce carré. Nous verrons plus loin que la localisation de thèmes urbains dans le carré fournit des indications géographiques intéressantes.

Après avoir mis en évidence quelques-unes des structures de la composition colorée sur les critères radiométriques, nous allons maintenant étudier l'image sous son aspect textural.

## 2. Structures générales de l'image d'après la texture

Nous avons essayé de caractériser les secteurs de la composition colorée, selon l'homogénéité des couleurs qui les composent. Pour cela, nous avons créé un néocanal fournissant un

indicateur de texture, point par point, de la composition colorée. Nous indiquerons tout d'abord la nature de l'indicateur et ses avantages, avant d'exposer les principaux résultats obtenus par une A.F.C. de la texture.

## 2.1. Choix de l'indicateur de texture et mode de calcul

Le mode de partition des niveaux de gris utilisé pour la composition colorée a rendu impossible la mesure de l'amplitude des écarts entre ces niveaux de gris, comme le proposent certains indicateurs (écart-type local, matrice de cooccurrence... voir Laporte, 1983 ; Guichou, 1984 ; Merghoub, 1985 ; Girard & Girard, 1989 ; Bekkhoucha, 1992...)<sup>1</sup>. Il a donc été nécessaire de retenir un indicateur qui permette d'appréhender l'homogénéité ou la disparité des niveaux de gris d'après leur fréquence dans une surface de base.

L'*entropie* fournit le type d'information recherchée : une fenêtre mobile de dimension 3x3 balaie l'image et calcule, à chaque position, l'entropie des 9 pixels compris dans la fenêtre, selon la formule :

$$S = \sum p_i * \log(p_i),$$

où  $p_i$  est la fréquence du niveau de gris  $i$  dans le voisinage considéré (Rakoto et al., 1988, p.64)

La valeur résultante est affectée au pixel central (programme *fenet3* de Planètes). En résultat, on obtient donc un néocanal où chaque pixel est un indicateur de l'organisation locale des couleurs, dont les valeurs de gris sont comprises entre :

entropie = 0 si tous les pixels sont de la même couleur ;  
entropie = 252 si tous les pixels sont de couleurs différentes.

---

<sup>1</sup> On notera que la mesure de la texture d'une composition colorée par écart-type local ne donne pas des résultats complètement faux : la couleur 223, par exemple, correspond à des niveaux de gris globalement plus élevés dans les trois canaux que la couleur 36. Toutefois, ces résultats restent très imprécis et localement contradictoires.

Cette méthode présente donc deux avantages :

- la quantification de l'hétérogénéité de la surface élémentaire ;
- la construction d'un néocanal qui permet l'élaboration de statistiques à diverses échelles, et la comparaison de secteurs de l'image entre eux.

A partir de ce néocanal, on a en effet constitué un tableau descripteur des 51 régions étudiées selon la même méthode que celle utilisée pour construire les tableaux des couleurs (voir § 1), et que résume le schéma de principe ci-après :

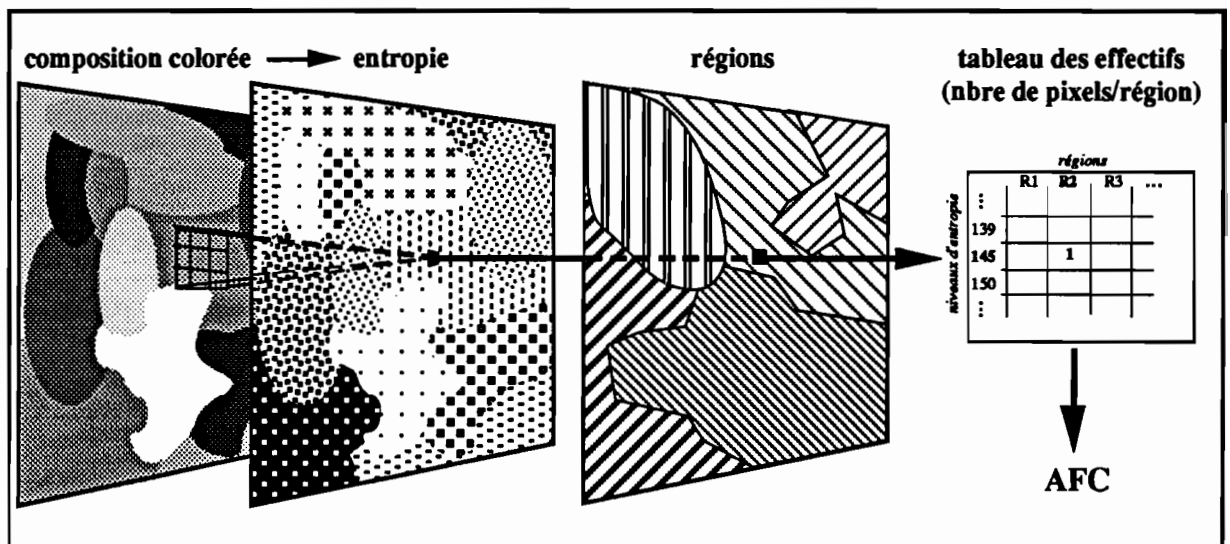


figure 71 : Analyse des régions de l'image selon leurs caractères de texture, schéma de principe.

Chacune des régions est donc décrite par les effectifs des valeurs d'entropie comptabilisées dans sa zone d'extension. Le tableau d'entrée soumis à l'A.F.C. est de dimension 51x29, étant donné le nombre restreint de valeurs d'entropie obtenues à partir d'une surface carrée 3x3 pour 256 niveaux de gris possibles. On trouvera copie du listing des résultats de l'Analyse en Annexe 3.

## 2.2. Structure de l'image texturale et interprétation

Les deux premiers axes regroupant 87% de la variance cumulée, nous nous limiterons ici à l'analyse du plan factoriel 1-2.

La forme parabolique du nuage est typique d'un effet Guttman qui correspond à un tableau de données à *diagonale chargée*, c'est-à-dire que les individus s'ordonnent clairement selon le critère de mesure choisi (Volle, 1980, p.157). L'axe 1 oppose nettement les faibles valeurs d'entropie (A0, A33, A51...) aux valeurs élevées (A159, A165, A179...), qui caractérisent d'un côté, les secteurs de l'image à plages uniformes ou homogènes, de l'autre les secteurs où les couleurs diffèrent fréquemment entre pixels voisins.

L'axe 2 oppose plutôt les valeurs extrêmes aux valeurs moyennes ; on retrouve donc associés les secteurs hétérogènes et uniformes, en opposition aux parties de l'image caractérisées par des surfaces de taille moyenne et irrégulières.

Le schéma ci-après résume ces caractères :

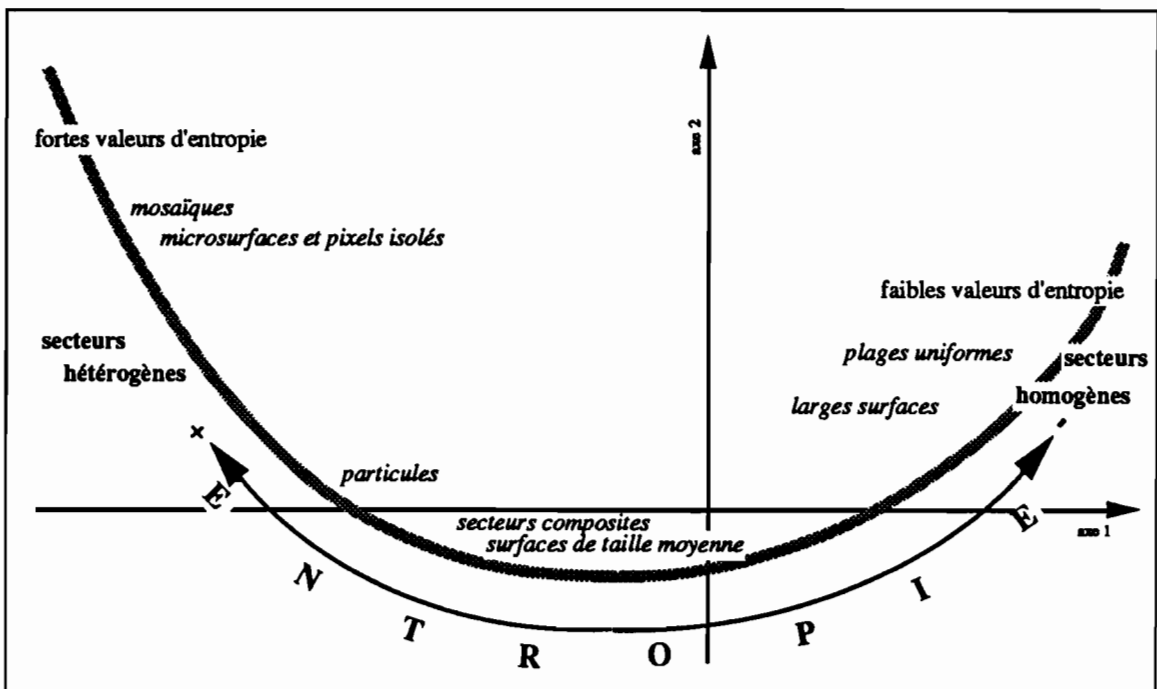


figure 72 : Structure du plan factoriel 1-2, selon le critère de texture appliquée à la composition colorée.

L'interprétation thématique en est aisée :

- l'Analyse oppose essentiellement la mosaïque qui représente sur l'image le "milieu naturel artificiel" du quartier *Jardines del Pédrégal* (R32), aux régions R12, R40, R42 (Chalco) et R46 (Sierra Sta. Catarina) de milieux naturels authentiques, lacustre ou de relief ;

- le regroupement dans le Plan des régions de texture assez forte met en évidence des secteurs péri-urbains, d'urbanisation avancée mais incomplète (R7 La Paz, R23 Xochimilco, R25-R26-R27-R29 Tlalpan, R9-R17 Chalco/Ixtapaluca, R21 Ixtapalapa), dans lesquels alternent fréquemment surfaces bâties et non bâties, et des constructions de types différents. Ce dernier caractère explique en particulier la présence dans ce groupe de la zone industrielle/résidentielle d'Ixtacalco R34, et des *pueblos* en voie d'intégration périphérique : *Sta. Catarina*, et le Vieux Chalco ;

- le regroupement par l'axe 2 de quartiers dont l'occupation du sol se compose essentiellement de deux grands thèmes répartis l'un et l'autre sur des surfaces d'extension moyenne : surface bâtie/sol nu dégradé par exemple, association typique des secteurs périphériques à forte croissance urbaine, ou en cours de consolidation. On trouve donc regroupés des quartiers très inégalement consolidés : Nezahualcóyotl (R3-R5) et Chimalhuacán (R1-R2), car ils affichent une texture comparable, plus homogène que celle du groupe précédent.

En termes de texture par l'entropie, cette association n'est pas contradictoire : elle traduit l'équivalence texturale des deux thèmes complémentaires, lorsqu'ils sont d'extension et de proportions symétriques. L'exemple suivant illustre cette particularité :

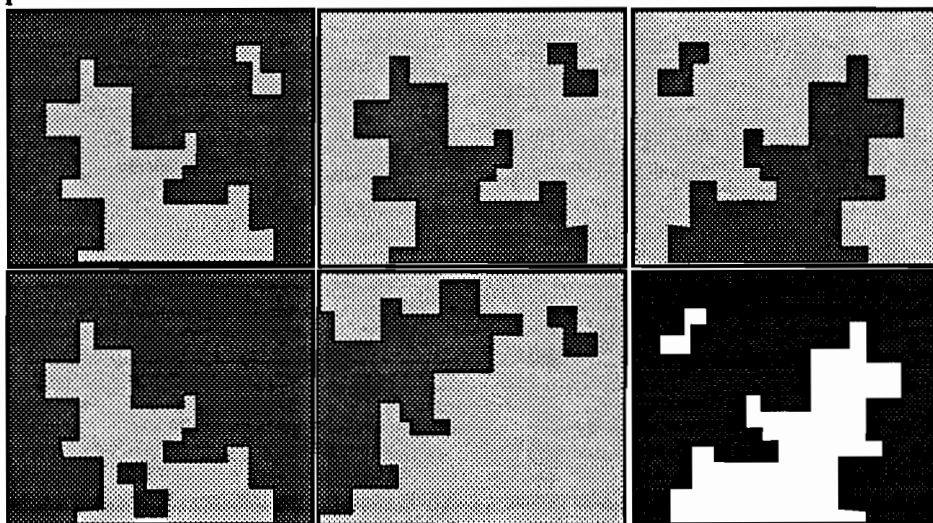


figure 73 : Exemples d'entropies équivalentes calculées à partir de cas de figure différents.

- cas d'un secteur composé de 25% de surface bâtie et 75% de sol dégradé,
- cas symétrique : 75% de bâti et 25% de surface minérale, disposés en plages de surface comparable.

Le plan 1-2 met donc en évidence l'organisation texturale suivante :

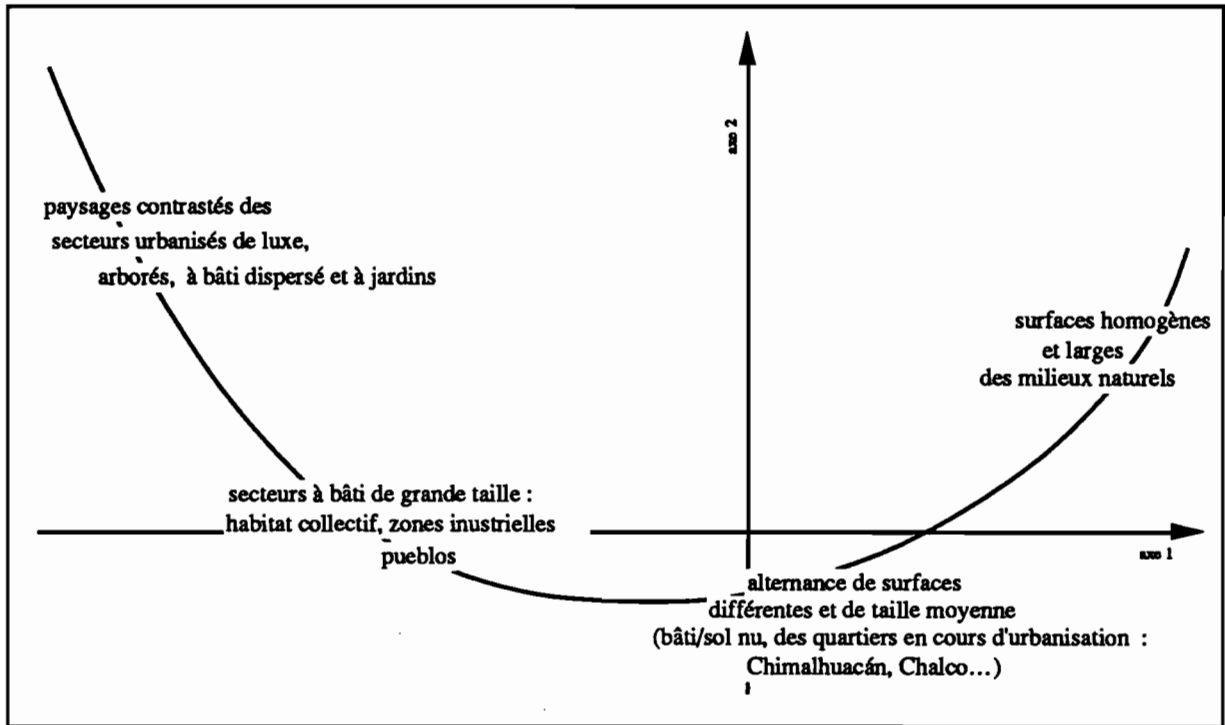


figure 74 : Structures thématiques, selon les caractères de texture.

On en conclut que l'information radiométrique peut aider à discriminer ces différents types de secteurs, comme le montrent les figures des pages suivantes illustrant la répartition spatiale des valeurs d'entropie. La première illustration (figure 75) présente en effet une fréquence élevée des valeurs faibles<sup>1</sup> dans les secteurs de l'image qui correspondent au domaine naturel du sud et de l'est.

La figure 76 indique au contraire que les fortes valeurs d'entropie<sup>2</sup> se localisent surtout dans la partie gauche de l'image, soit à l'ouest de notre zone d'étude (quartiers-jardins de luxe *Lomas de Chapultepec, San Angel-Coyoacán, Jardines del Pedregal...*).

<sup>1</sup> Valeurs d'entropie : 0, 40, 62, 74.

<sup>2</sup> Valeurs d'entropie : 182, 184, 194, 201, 211, 218, 235, 252.





figure 75 : Répartition spatiale des faibles valeurs d'entropie (composition colorée de 1986).



figure 76 : Répartition spatiale des fortes valeurs d'entropie (composition colorée de 1986).

Ces exemples confirment la complémentarité de la discrimination par la couleur et de la discrimination par la texture, et qu'il est possible de les distinguer par des méthodes statistiques :

- la première A.F.C. rendait difficile la séparation des quartiers à jardins (R32), de certains milieux naturels (R45, R41) ; or l'A.F.C. selon l'entropie nous le permet ;
- inversement, l'A.F.C. par la texture reste impuissante à discriminer certains secteurs très urbanisés (R3, R5) de secteurs peu ou pas urbanisés (R1, R38), ce qui est possible par une Analyse sur critère radiométrique...

Il nous est donc possible, désormais, d'envisager l'intégration de ces deux types d'information pour une lecture plus complète de l'image, et pour une classification des différents secteurs qu'elle présente. Nous pourrions alors reconnaître les quartiers qui intéressent notre étude sur le développement urbain.

Avant de proposer des méthodes d'intégration de l'information, nous ferons quelques remarques sur les structures d'image que nous venons de mettre en évidence.

### **3. Remarques sur les structures d'image**

Nous avons cherché à savoir dans quelle mesure les structures d'image mises en évidence à partir de la composition colorée, se limitaient à ce type de données, ou si, au contraire, elles s'observaient également à partir de données de natures différentes. Nous avons donc réalisé des A.F.C. sur des données différentes : canaux bruts et images classées pour les structures radiométriques, et écarts-types locaux pour les structures texturales.

Pour l'ensemble de ces images, nous avons constitué un tableau de contingence suivant le même procédé que celui utilisé pour l'étude de la composition colorée (voir § 1), et qui exprime

donc le nombre de pixels par valeur de gris rencontrée dans l'image, pour chacune des 51 régions. Ces tableaux ont été ensuite soumis à l'Analyse avec le même programme ADDAD.

### 3.1. Structures radiométriques de l'image brute

On a constitué le tableau de contingence à partir des trois tableaux issus de chacun des canaux bruts (les noms des valeurs de gris ont été préalablement recodées en fonction du canal).

On remarque tout d'abord que les trois premiers axes cumulent 80% de la variance, contre cinq pour l'Analyse de la composition colorée. On remarque ensuite que la forme des nuages est globalement identique à celle de la première Analyse, avec cependant des nuances, comme le glissement des régions appartenant au troisième sous-nuage (voir § 1.2), vers l'extrémité

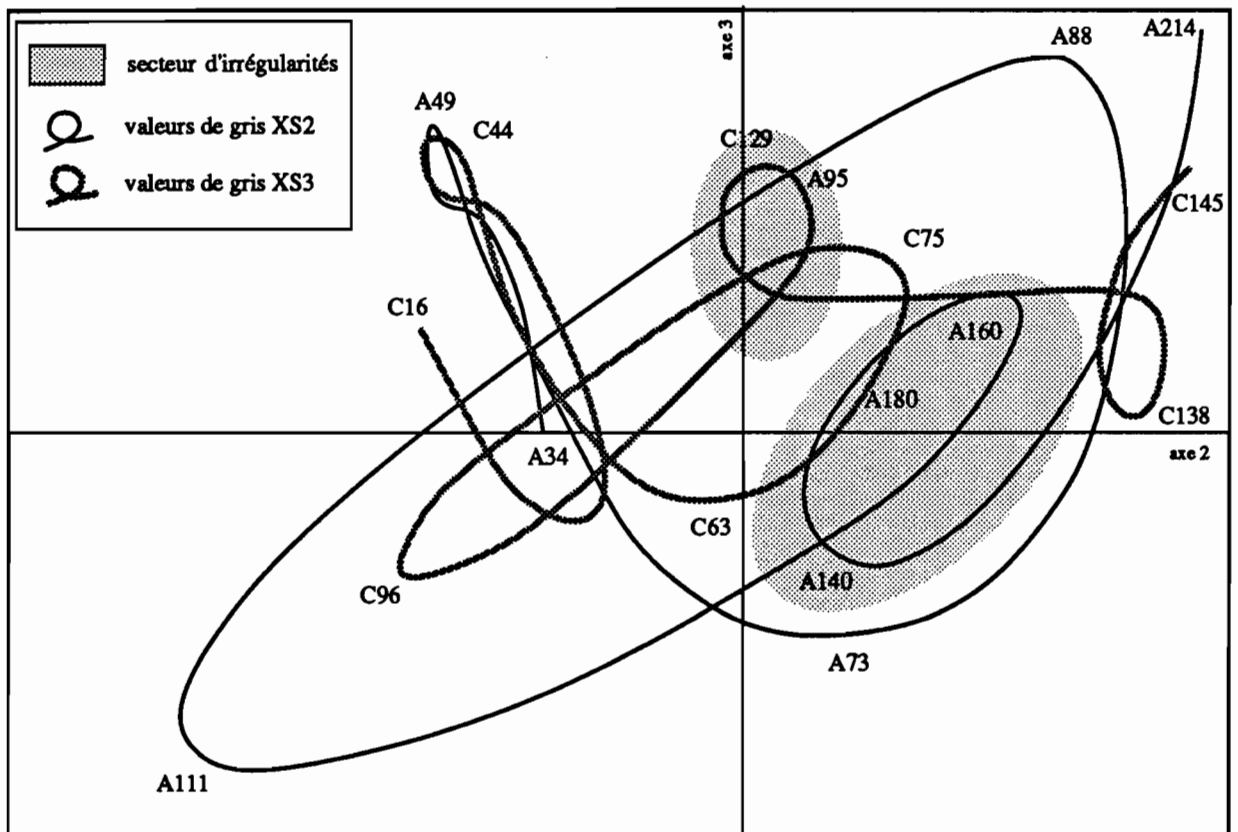


figure 77 : Distribution des niveaux de gris dans le plan factoriel 2-3, canaux bruts 2 et 3.

positive du second. Cette délocalisation réagence certains groupes de régions, mais on retrouve les grandes oppositions : R1-R2-R50/ensemble des autres régions sur l'axe 1, R3-R4/R32-R41-R42-R44-R45-R46 sur l'axe 2, R5-R8-R12-R33/R9-R16-R32-R45 sur l'axe 3...

La distribution des niveaux de gris dans l'espace factoriel suit un certain ordre de voisinage. Dans la figure 77 ci-dessus, on a relié par une ligne les niveaux de gris selon leur ordre croissant, pour les canaux 2 et 3 séparément. Mis à part à part des "secteurs d'irrégularités" où la succession des valeurs connaît de nombreuses boucles entremêlées, les niveaux de gris sont ordonnés dans les plans (ici plan 2-3). On retrouve les associations de niveaux de gris qui ont déterminé les couleurs de la composition colorée, et leur situation qui coïncide avec les sous-nuages. On peut par exemple observer les niveaux élevés dans le canal 3 (C129) localisés dans le même secteur du plan que les niveaux plus faibles du canal 2 (A95), formant ainsi les couleurs claires dérivées du rouge caractéristiques du troisième sous-nuage (rose, orange...).

Une telle représentation confirme donc globalement les structures mises en évidence par la composition colorée.

### 3.2. Structures d'images classées

A partir des trois canaux SPOT initiaux, nous avons réalisé des classifications non dirigées par la méthode des Nuées Dynamiques (programme *Nuedyn* du logiciel *Planetes*). Afin d'étudier les différentes structures qui ressortent des images classées, nous avons réalisé plusieurs partitions : de 3 à 18 classes. Ce nombre croissant de classes nous permet également de suivre l'émergence de ces structures en fonction de partitions de plus en plus fines, par l'intermédiaire d'une Analyse factorielle par partition.

Les tableaux de données contiennent donc le nombre des pixels appartenant à chacune des classes, dans chacune des régions<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Le numéro des classes est indépendant d'une classification à l'autre ; en effet, selon le principe-même de la méthode, les centres de classe sont tirés au hasard au début du calcul, et numérotés dans l'ordre de leur tirage.

L'étude des résultats montre que les structures essentielles sont en place dans les partitions les plus grossières (3 et 4 classes), et qu'elles s'affirment lorsque le nombre de classes augmente. On observe ainsi le glissement des régions dans les plans, dont on trouvera des exemples pour quelques régions dans les illustrations de la figure 78 (page suivante).

La comparaison des résultats d'A.F.C. montre qu'il existe une quasi-identité entre les structures mises en évidence à partir de la composition colorée et celles établies avec les images classées. En effet, lorsque les classes dépassent le nombre d'une quinzaine, on retrouve les mêmes lignes de force que celles structurant la composition colorée, et ceci en dépit d'éventuelles inversions de signe des coordonnées (axes 3).

La localisation des régions dans les plans factoriels issus de la composition colorée et des images classées est donc comparable ; par ailleurs, les couleurs correspondent aux classes radiométriques. Pour la classification en 18 classes, on obtient par exemple :

- les couleurs 187, 219, 223... correspondent aux classes 14 et 16,
- les couleurs 32, 64, 68, 137... aux classes 2, 6 et 7,
- les couleurs 72, 73, 141... aux classes 8 et 9...

Les structures radiométriques ne sont pas les seules comparables entre les différents types d'image étudiés : les caractères texturaux présentent également des points communs.

### **3.3. Structures texturales de l'image brute**

Nous avons voulu montrer ici que les caractéristiques texturales mises en évidence sur la composition colorée par le calcul de l'entropie (ci-dessus § 2) n'étaient pas limitées à la nature de l'image ni à la méthode de mesure. Nous avons donc choisi un autre mode de calcul appliqué sur un autre type d'image : le calcul de l'écart-type local à partir des canaux bruts.

Le principe de calcul est identique à celui de l'entropie : une fenêtre mobile 3x3 balaie l'image, et détermine ici l'écart-type des 9 niveaux de gris présents dans la fenêtre. Le programme affecte au pixel central la valeur de cet *écart-type local*. Le tableau de données est constitué de la même manière que celui de l'entropie, avant d'être soumis à l'Analyse.

nota : les mouvements relatifs des régions dans les plans sont d'échelle approximative.

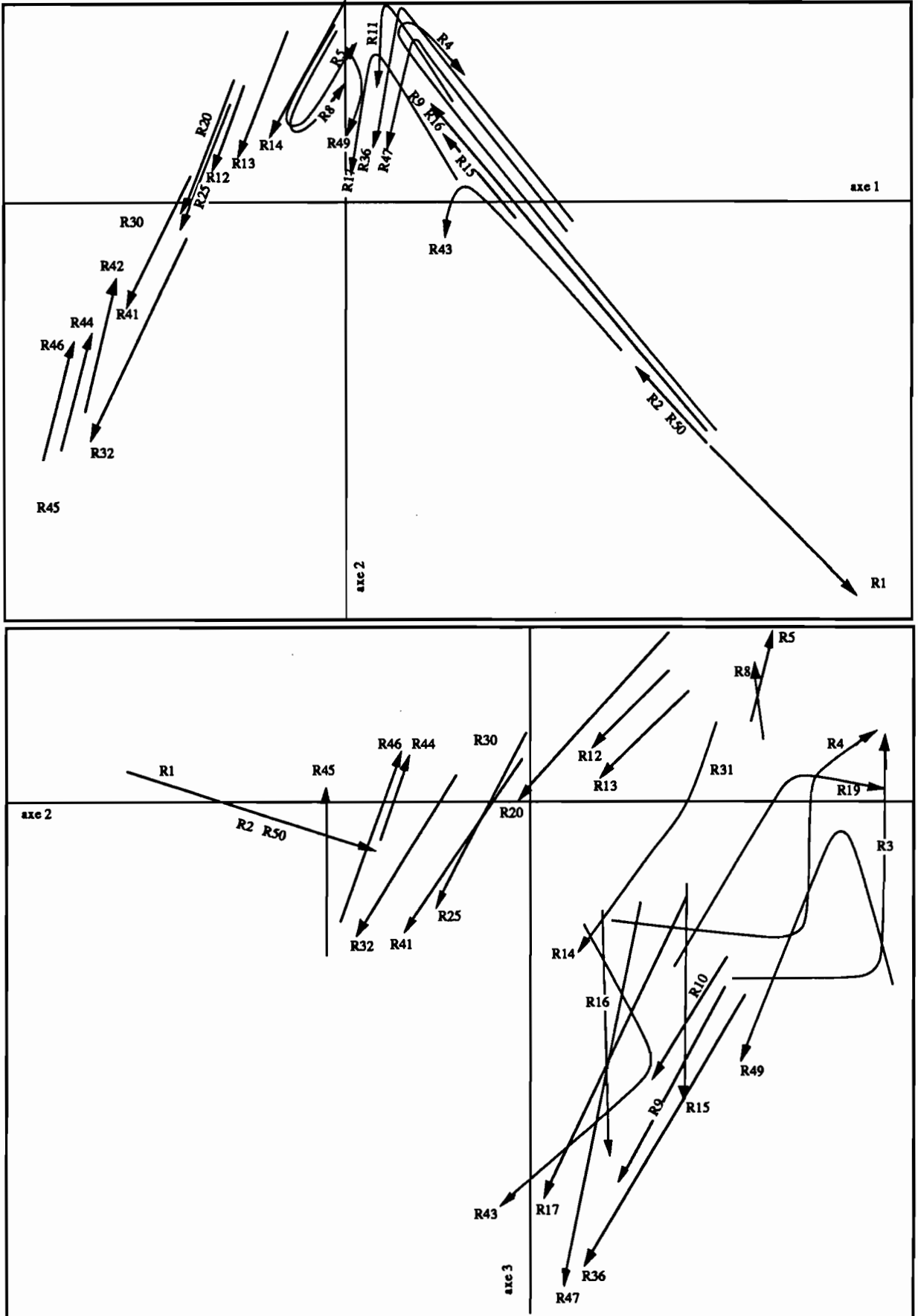


figure 78 : Mouvements des régions selon les partitions en nombre croissant de classes, dans les plans 1-2 et 2-3.

L'application de ce calcul séparément sur chacun des canaux n'interdit pas la *concaténation* des trois tableaux de données, mais nous nous sommes limité à l'étude des écarts-types locaux du canal 2 pour notre illustration.

Les plans factoriels montrent clairement des nuages de forme comparable, bien que d'orientation différente (signe des coordonnées sur l'axe 1 inversées par rapport aux coordonnées issues de la composition colorée). On retrouve ici la nette opposition entre les secteurs homogènes et ceux fortement hétérogènes : l'emplacement respectif des régions est peu différent entre les plans de l'une et l'autre méthode, mises à part quelques variations locales, par exemple :

- moins de différence de texture entre les régions R7, R15, R23 et R32,
- glissement des régions R13 et R14 vers des textures plus hétérogènes...

D'une manière générale, on retrouve la texture plus irrégulière des canaux bruts par rapport à la composition colorée, mais sans toutefois, modifier notablement la structure que nous connaissons.

Par ces quelques exemples, nous avons montré que les résultats de nos analyses ne sont pas dépendants de la nature de l'information, mais que, au contraire, les regroupements et la caractérisation des régions correspondent à une *réalité* extrinsèque, extérieure à l'image, contenue dans celle-ci.



L'étude développée dans ce chapitre a permis de mettre en évidence les grandes structures de la composition colorée de 1986, selon les critères de la couleur et de la texture. Nous avons vérifié que les structures ne sont pas liées à la nature de l'image étudiée, mais qu'on les



retrouve, dans leurs grandes lignes, à partir de données différentes : canaux bruts ou images classées, par exemple. On notera cependant que l'étude de la texture d'image d'après les écarts-locaux des canaux bruts apporterait sans doute une information plus précise, puisque cet outil prend en compte l'amplitude de la différence entre niveaux de gris spatialement voisins, alors que l'entropie ne renseigne que sur l'organisation locale et reste insensible à la puissance des contrastes. Utilisée dans cette démarche, l'association composition colorée/canaux bruts peut rassembler un certain nombre de caractères dont l'étude présenterait un grand intérêt.

Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus sur la seule composition colorée par les analyses des deux critères s'avèrent complémentaires. L'information radiométrique contenue dans la couleur rend possible l'identification des principaux thèmes que représente l'image : végétation active, secteurs naturels et secteurs urbanisés en fonction des surfaces minérales sombres ou claires, dont on peut, dans certains cas, préciser l'état de conservation ou de dégradation (sols en particulier). L'analyse permet également de vérifier l'existence des associations de couleurs évoquées en chapitre 6, et d'effectuer un rapprochement entre ces associations, radiométriquement organisées, et les thèmes. Ainsi, la forme et l'état de la végétation peuvent être précisés en fonction du dégradé de rouges correspondant sur l'image.

L'information texturale permet de quantifier l'homogénéité des plages de couleurs, et de distinguer désormais le milieu naturel (surfaces homogènes) du milieu urbain (surfaces hétérogènes), de manière convenable. Il est également possible d'apporter, par ce moyen, une information sur le type de quartier.

Toutefois, l'analyse des couleurs et celle de la texture, maintiennent, séparément, des confusions, en particulier celles liées à la présence de végétation ou à l'invisibilité directe de l'urbanisation. On observe que certaines de ces confusions pourraient être résolues en associant les analyses des deux critères.

L'intégration des structures radiométriques et texturales a nécessité le développement et le test de méthodes particulières. Cette étape est présentée dans le chapitre suivant.

# Chapitre 8

## Classifications et typologie des régions de l'image

L'intégration des deux types d'information permet d'envisager une meilleure distinction des secteurs urbains et péri-urbains sur les images. Nous avons essentiellement procédé selon deux méthodes :

- maintien du mode d'analyse par A.F.C., ce qui nécessite l'intégration des deux informations au niveau du tableau d'entrée, en amont de l'Analyse ;
- croisement de classifications réalisées séparément à partir des coordonnées des axes factoriels, c'est-à-dire en aval des A.F.C. présentées ci-dessus.

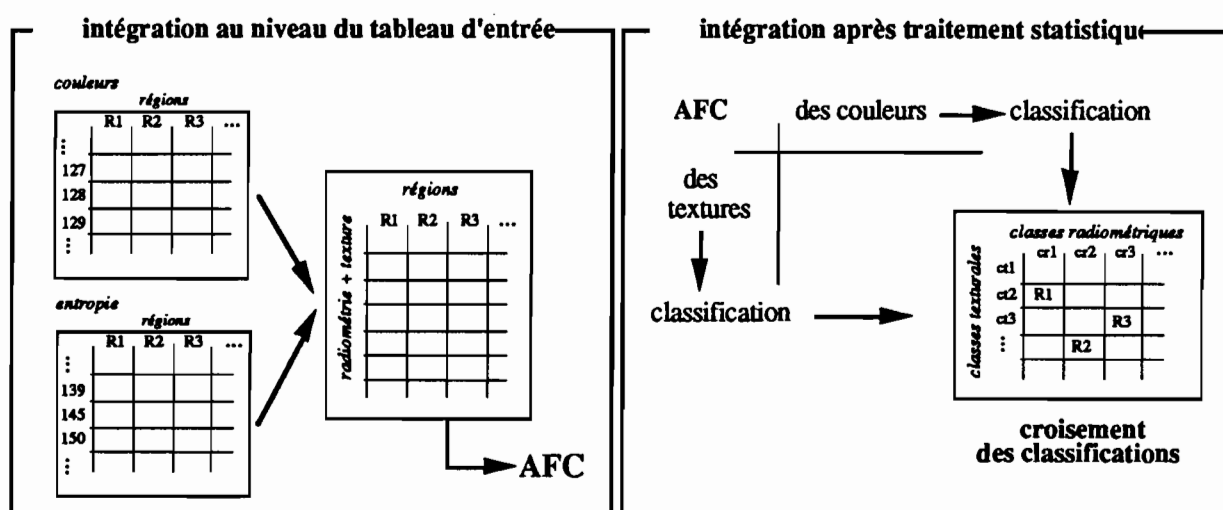


figure 79 : Types de méthode d'intégration des informations radiométrique et texturale.

Nous examinerons tour à tour les résultats de deux méthodes basées sur ces deux types d'intégration.

## 1. Intégration de l'information radiométrique et de l'information texturale

Nous analyserons ci-après deux nouveaux types de tableau d'entrée :

- l'association directe des deux tableaux de données que nous avons étudiées séparément ;
- la caractérisation de chacune des couleurs selon sa texture propre.

### 1.1. Intégration directe des deux informations

La prise en compte des données radiométriques et texturales simultanément dans une même Analyse, est possible à partir d'un tableau de contingence construit par *concaténation* simple des tableaux étudiés dans les paragraphes précédents. Chacune des régions est donc décrite par les effectifs de pixels qui composent l'image des couleurs et l'image des textures.

Les résultats de l'A.F.C. (voir Annexe 6) mettent en évidence la moindre spécificité de l'information texturale par rapport à l'information radiométrique ; plusieurs observations nous amènent en effet à cette conclusion :

- les variables qui expriment la texture ne présentent aucune contribution aux axes 1, 2 et 4, et une contribution très faible à l'axe 5. L'essentiel de l'information texturale est projeté sur l'axe 3 ;
- corrélativement, la distribution de ces variables dans les plans factoriels décrit un sous-nuage de points centré sur l'origine, sans forme significative, confondu avec le *noyau central* mis en évidence dans l'Analyse des couleurs (voir § 1.2 du chapitre précédent) ;
- la distribution des variables radiométriques sur l'ensemble des facteurs est très comparable à celle observée dans l'Analyse des seules couleurs, et l'organisation du nuage ne diffère pas ;
- la distribution des régions sur l'axe 3 de la présente Analyse est très comparable à celle mise en évidence sur l'axe 1 de l'A.F.C. selon l'entropie (voir § 2, chapitre 7).

L'examen du plan factoriel 2-3 révèle l'essentiel des caractères observables ; on constate en effet que l'adjonction des mesures texturales amène quelques différences entre le plan 2-3 de l'A.F.C. des couleurs, et celui étudié ici. Ces différences se manifestent par un "glissement" de certaines régions, dans le plan, par rapport à l'ensemble du nuage ; les changements de coordonnées ne sont perceptibles que sur l'axe 3, et les glissements sont donc parallèles à celui-ci. On remarque en particulier :

- les glissements sont d'amplitude plus importante dans la partie supérieure du plan, et décroissent vers sa partie inférieure, caractéristique qui montre une plus grande spécificité de la texture dans les thèmes des secteurs correspondants (voir § 1 du chapitre précédent) ;
- le déplacement vers les coordonnées de valeurs fortes de l'axe, des régions R32, R27, R23, R29, R34..., qui met ainsi en évidence ces secteurs d'image pour leur texture grossière, correspondant à des quartiers urbanisés ;
- le déplacement vers les coordonnées de valeurs faibles, des régions R47, R50, R49..., qui rassemble les secteurs homogènes :

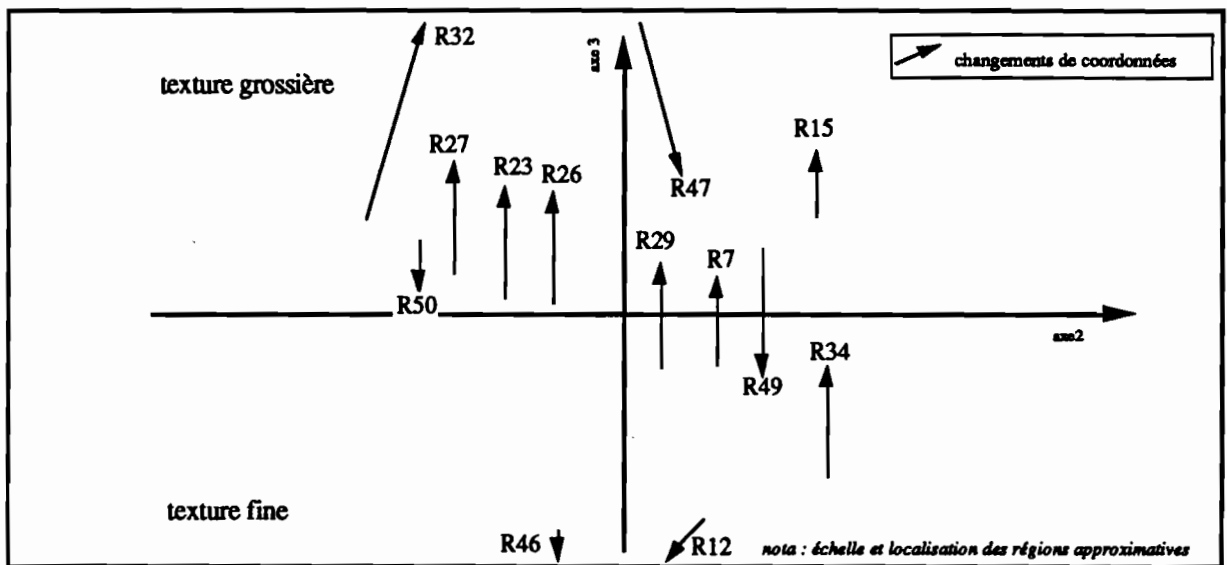


figure 80 : L'apport des données texturales dans le regroupement des régions.

Ces changements dans l'organisation du nuage laissent entrevoir une différenciation des espaces végétalisés entre eux : le quartier-jardins du Pedregal (R32) a pris ses distances avec le

milieu lacustre de Xochimilco (R45). Cet éloignement permet donc la discrimination du milieu pseudo-naturel, fractionné en zone urbaine, du milieu naturel de vaste extension.

On remarque également un éloignement statistique de quartiers périphériques (R23, R26, R27, R29) ou d'urbanisation composite (R7, R34...), de secteurs à couvert minéral plus homogène (R8, R12, R33, R40, R49...).

La figure 81 ci-dessous montre par conséquent une interprétation thématique globalement semblable à celle développée à partir de l'analyse des seules couleurs (voir chapitre précédent).

La méthode ne permet cependant pas une analyse plus fine : une certaine confusion persiste du fait de l'impossibilité de différencier, ici, les couleurs selon leur texture propre, plutôt que par la texture de l'ensemble du secteur. En effet, pour une certaine association de couleurs présentes dans une région donnée, il est impossible de déterminer le degré d'homogénéité de chacune des couleurs.

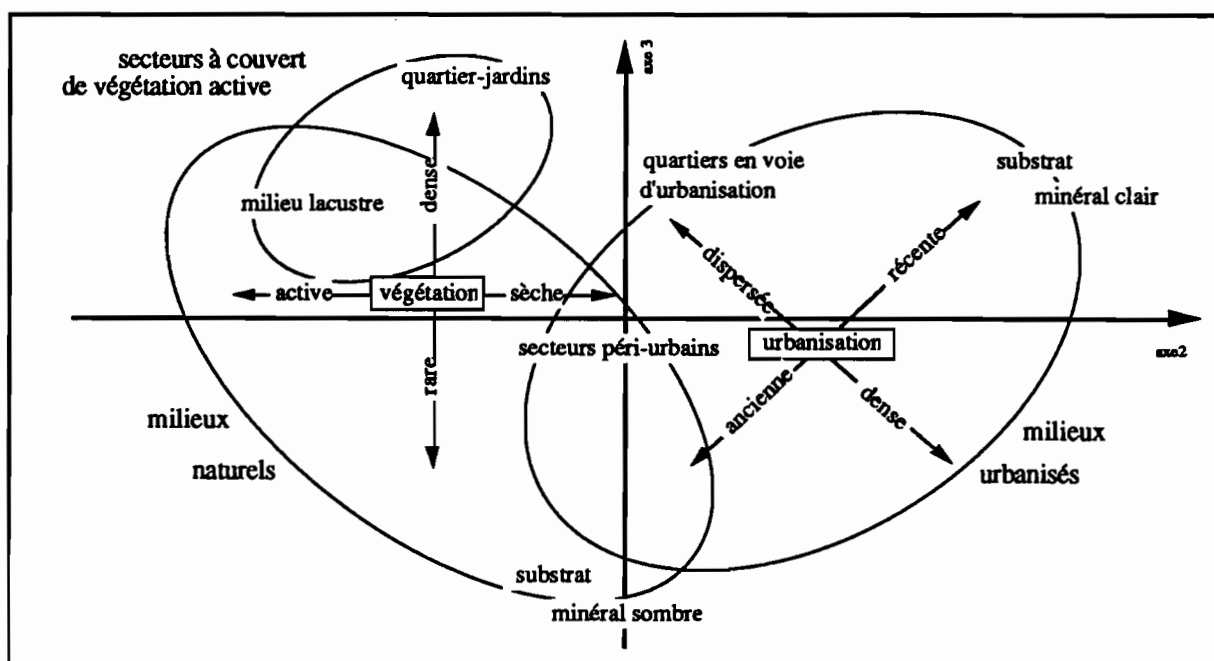
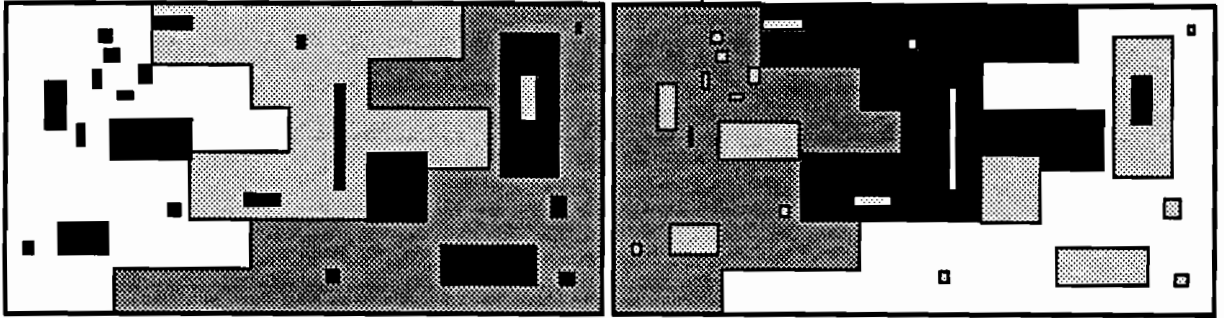


figure 81 : Les caractères thématiques mis en évidence par le plan 2-3.

Dans l'exemple ci-après, la discrimination des deux secteurs est impossible, car les couleurs et la texture calculée globalement donnent des résultats comparables : si les surfaces de certaines couleurs sont du même ordre de grandeur (données radiométriques identiques), et si

l'hétérogénéité est comparable (données de texture identiques), on ne peut distinguer les deux zones...



*figure 82 : Exemple de textures et d'association de couleurs comparables pour des cas de figure différents.*

On a donc cherché à caractériser les régions selon la texture propre de chacune des couleurs.

## 1.2. Texture propre des couleurs

La mesure de la texture des couleurs séparées a nécessité une chaîne de traitement particulière que nous exposerons, avant de présenter les résultats et de les interpréter.

### 1.2.1. Mode de calcul de la texture propre

La chaîne de traitement, résumée par la figure 83 ci-après, permet la construction du tableau d'entrée de l'A.F.C. en plusieurs étapes :

- individualisation et binarisation de chacune des couleurs qui constituent la composition colorée (valeur de la couleur courante transformée en valeur 1, les autres couleurs en valeur 0) ;
- calcul de l'entropie de l'image binaire ;
- transformation des valeurs d'entropie égales à 0, en valeurs égales à 1 : cette manipulation est nécessaire si l'on veut distinguer, par la suite, les valeurs d'entropie réellement nulle, des parties de l'image binaire égales à 0 ; en effet, il convient d'effectuer ensuite une opération de masquage ;

- masquage de l'image résultante par l'image binaire initiale : la prise en compte telle quelle des données d'entropie produirait une redondance de l'information texturale sur les contours des formes. Le contour extérieur d'une forme correspond en effet au contour intérieur de la forme qui la jouxte, et vice-versa... La masquage de la forme limite donc l'information sur l'entropie à la seule forme. Par ailleurs, les valeurs 0 résultant du masquage ne peuvent être confondues avec les valeurs d'entropie d'une surface homogène, puisque celles-ci ont été transformées en 1 au cours de l'opération précédente.

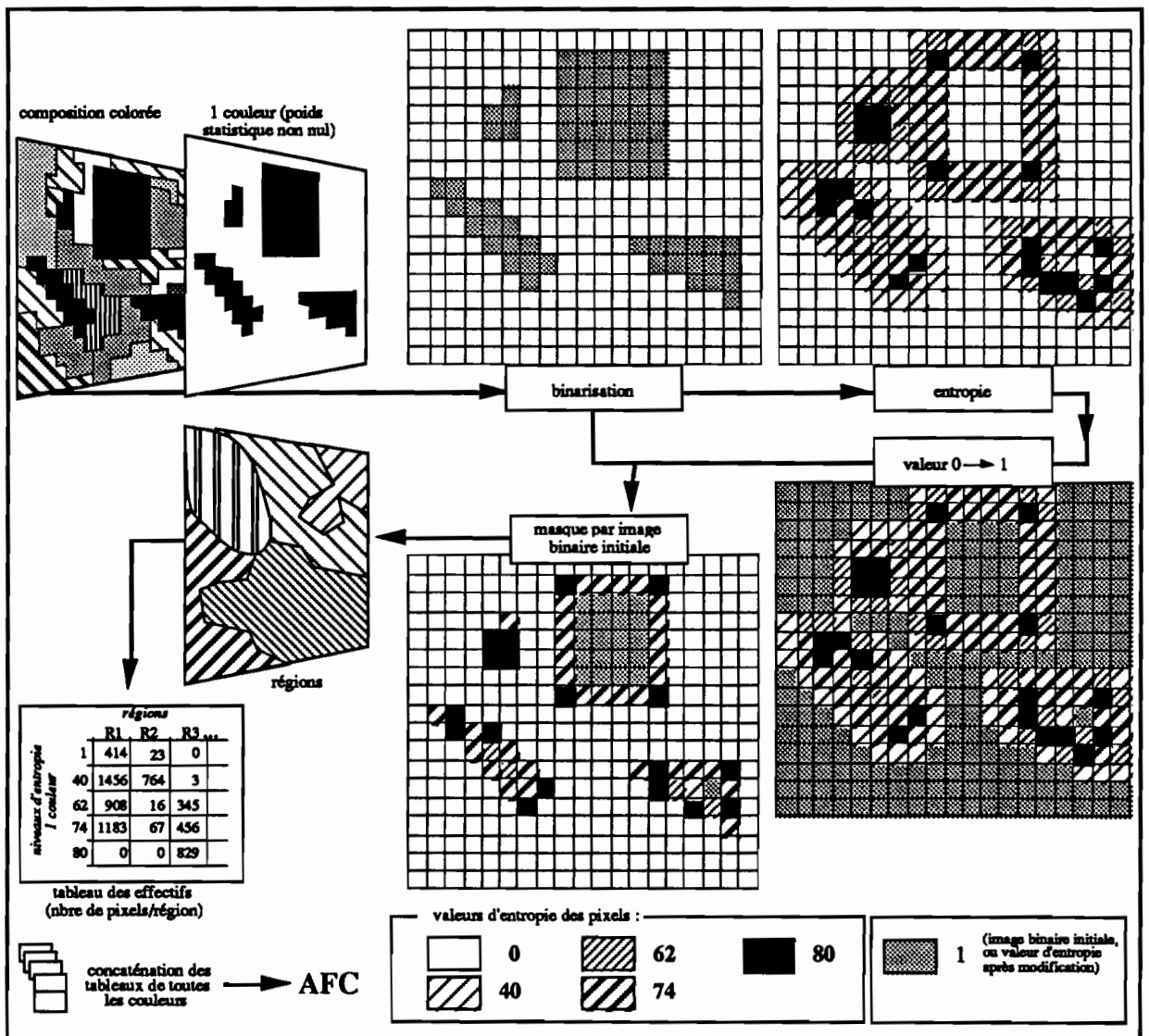


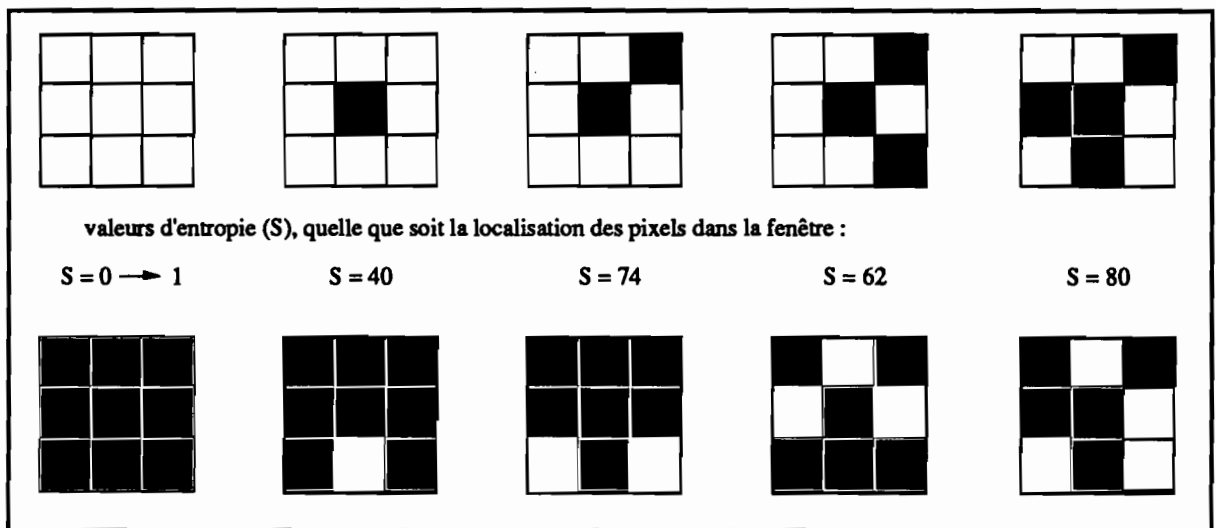
figure 83 : Schéma de principe du calcul de l'entropie propre d'une couleur.

- élaboration du tableau de données contenant les effectifs de pixels par niveau d'entropie de la couleur courante et par région. Ce tableau élémentaire est ensuite concaténé au tableau général regroupant les tableaux élémentaires de toutes les couleurs.

En résultat, les 51 régions sont décrites par les valeurs de texture de chacune des couleurs considérées individuellement, soit 226 variables. Ce nombre réduit est dû à l'élimination des couleurs de poids statistique nul : on a en effet retiré du tableau de données les couleurs révélées sans incidence statistique significative par l'A.F.C. des couleurs (voir annexes du chapitre précédent). Cette sélection a permis d'alléger les calculs et de faciliter l'interprétation des résultats.

Après avoir vérifié que les structures essentielles ne s'en trouvaient pas modifiées, nous avons éliminé de l'Analyse les couleurs de poids statistique égal à 0, et nous n'avons pris en compte que celles de poids au moins égal à 1, soit 74 couleurs. Cette disposition évite en effet un tableau d'effectifs trop important, et facilite l'interprétation des résultats.

On notera, par ailleurs, que le nombre de valeurs d'entropie possibles, calculées à l'aide d'une fenêtre 3x3 sur une image binaire, n'excède pas 5. Ces cinq valeurs correspondent aux cinq cas d'agencement :



*figure 84 : Les cinq cas d'agencement de pixels binaires dans une fenêtre 3x3, et les valeurs d'entropie correspondantes.*

On a réalisé le codage du nom des variables de la manière suivante : les valeurs de couleur ont été conservées, tandis que les valeurs d'entropie ont été codées par une lettre située avant le numéro de la couleur, tel que :

*B* pour  $S = 1$  ;      *C* :  $S = 40$  ;      *D* :  $S = 62$  ;      *E* :  $S = 74$  ;      *F* :  $S = 80$  ;



Ainsi, *C109* désigne la variable décrivant le niveau d'entropie 40 de la couleur 109 ; elle correspond à un pixel isolé ou à l'extrême avancée d'un contour.

### **1.2.2. Résultats et interprétation**

On trouvera copie des résultats de l'Analyse factorielle en Annexe 7.

On constate que la variance cumulée est légèrement en recul par rapport à celle de l'Analyse des couleurs, et que les régions à forte contribution restent les mêmes pour les deux premiers axes, avec l'affaiblissement d'un certain nombre d'entre elles pour les axes 3 et 4.

Les couleurs à forte contribution de la première Analyse, se retrouvent ici dans leur ensemble, mais d'une manière plus sélective, en fonction, dans certains cas, du niveau d'entropie. Par exemple, seuls les niveaux E et F des couleurs 141 et 146 apportent une certaine contribution à l'axe 1, D105, E105, F105, D137, E137, F137 à l'axe 2... etc... On remarque d'ailleurs que les contributions croissent généralement avec les niveaux d'entropie, phénomène surtout lié au poids statistique plus importants de ceux-ci : les petites particules totalisent un nombre de pixels plus important que les surfaces de quelque extension, ce qui peut constituer un trait caractéristique du domaine urbain.

Il reste toutefois intéressant d'examiner les niveaux d'entropie faibles, car leur COR (cosinus carré) est souvent de même importance, pour une couleur donnée, que celui des hautes entropies.

L'examen des plans factoriels montre une forte identité, quant à la distribution spatiale des régions, avec les plans issus de l'Analyse des couleurs simples. On remarque l'influence de la texture, avec la présence de "glissements" de certains individus dans le plan 2-3 ; ces glissements apparaissent de manière moins nette que ceux mis en évidence par l'adjonction brute des données de texture aux données de couleur (§ 3.1). La discrimination des régions urbaines est donc moins performante que celle obtenue par la méthode précédente.

En revanche, la distribution des variables est plus intéressante : une même couleur est représentée par plusieurs points dans les plans, et l'étude de leur ventilation permet une

caractérisation plus précise des régions. Les associations de couleurs apparaissent en effet avec davantage de nuances, et les régions peuvent être caractérisées selon le degré d'homogénéité des couleurs qui les composent.

Prenons comme exemple la partie supérieure du nuage formé par les axes 1 et 2 (régions 3, 4 et 19) :

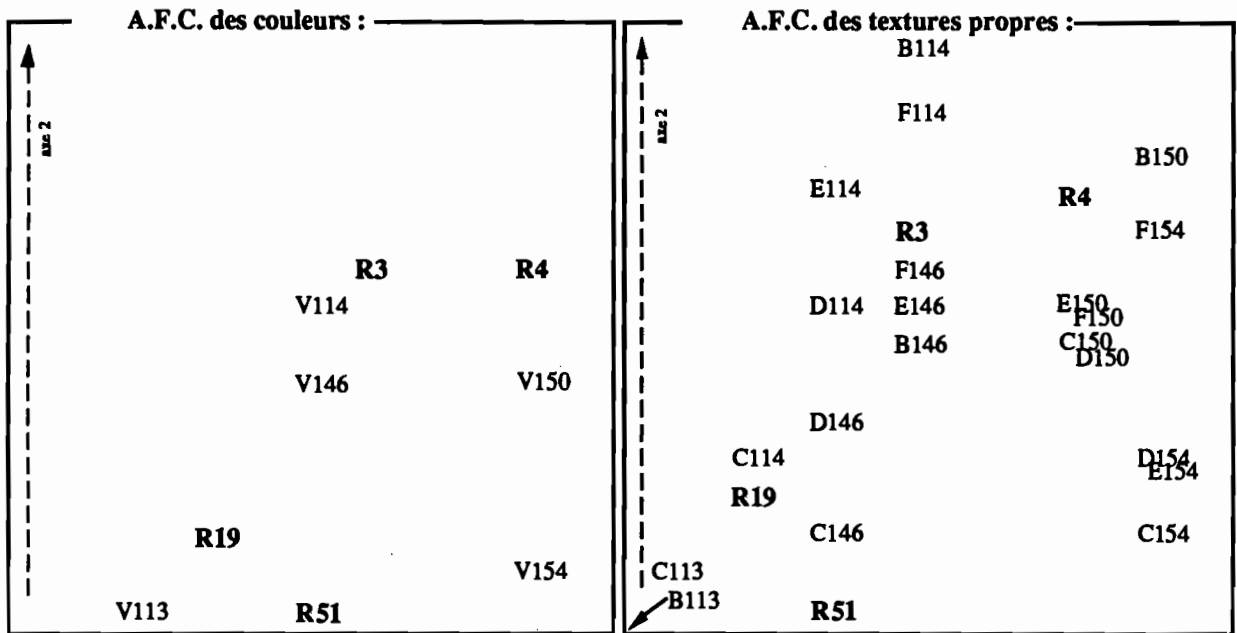


figure 85 : Exemple d'analyse d'une association de couleurs, selon leur texture propre.

On constate l'éclatement local des couleurs présentes dans l'association V114-V146-150-V154, et la dispersion autour des régions. Ainsi, la couleur 114 que l'on pouvait croire essentiellement caractéristique de R3, se répartit entre R3 et R19 de la manière suivante : texture fine (B) et grossière (E, F) dans les parages de R3, mais éloignées de R19, texture moyenne (C, D) plus près de R19. On peut en conclure que ces deux secteurs se distinguent des autres par l'association de ces deux couleurs, et se distinguent entre eux par la présence de surfaces homogènes et de fines particules dans la région 3, tandis qu'elles sont plus grossières dans R19, sans toutefois former de surfaces homogènes.

On remarque également que :

- R3 partage davantage les petites particules de couleur 146 avec R19 ;
- la couleur 113 ne "remonte" pas vers R19 ;
- R51 se teinte de 146, et ressemble ainsi davantage à R19 ;

- R3 et R19 forment un système caractérisé par les couleurs 114 et 146, auxquelles ne se mélangent pas les particules de couleurs 150 et 154 spécifiques à R4 ;
  - R19 rassemble des particules intermédiaires plus variées, que R3 aux particules fines plus uniformes ;
- etc...

De tels caractères sont observables, pour de nombreuses couleurs, en particulier aux extrémités des nuages déterminés par les axes de numéro égal ou supérieur à 2. Dans les plans factoriels, la répartition des couleurs selon leur texture suit fréquemment un schéma selon lequel la variable de la texture fine (B) s'éloigne vers l'extérieur du nuage, tandis que celle de la texture moyenne (C) se rapproche du centre du nuage, les textures D, E et F se situant en intermédiaires de B et C. Si l'on joint les éléments d'une couleur donnée selon le degré d'entropie croissant, l'ensemble des variables décrit une série de "boucles" tournées vers l'origine (figure 86 ci-dessous).

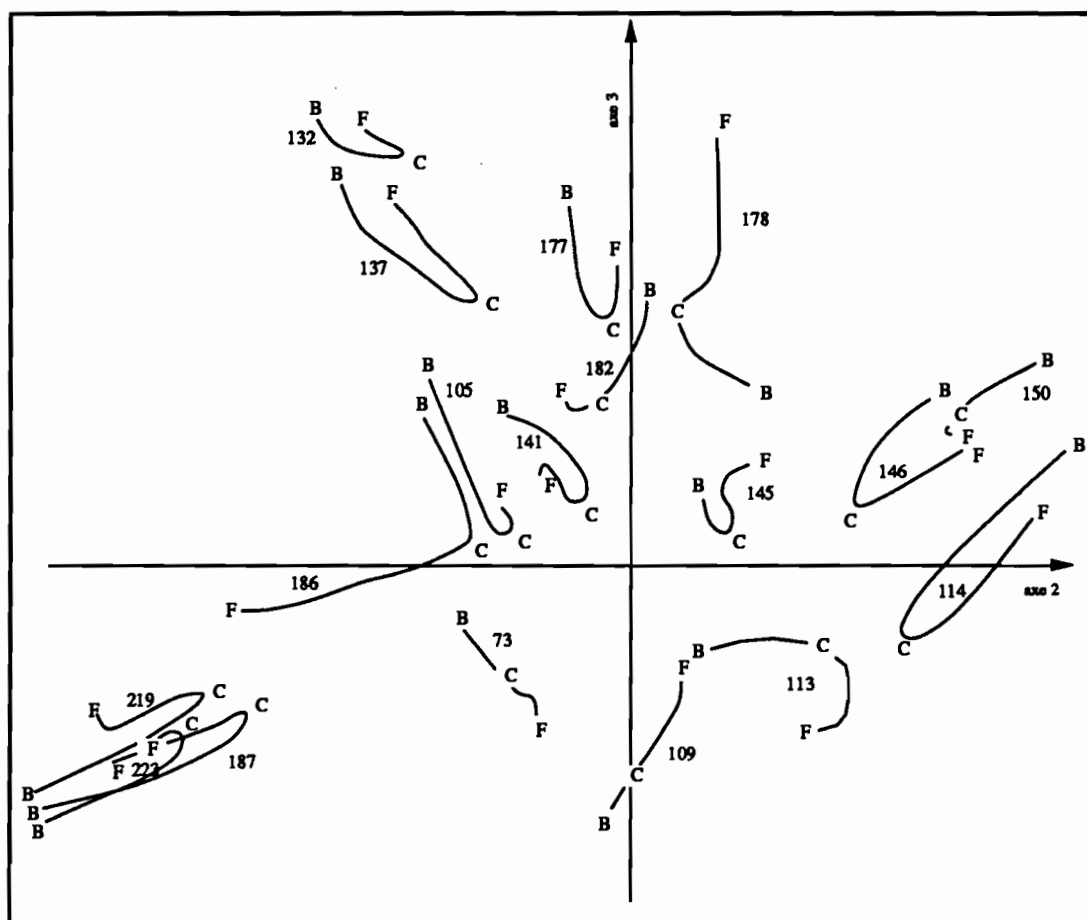


figure 86 : Organisation des couleurs selon les degrés d'entropie, à l'intérieur des nuages (exemple du plan 2-3).

Cette organisation appelle trois remarques :

- les couleurs typiques d'une région se présentent plutôt sous forme de surfaces homogènes et de grosses particules (3 pixels et plus). Au contraire, les textures moyennes (particules de 1 et 2 pixels, ou angle de contour) se révèlent plus banales, parce que davantage réparties dans l'ensemble des secteurs de l'image ;

- le rapprochement des éléments de texture moyenne (C et D) d'une couleur, vers une autre, confirme l'association spatiale de ces deux couleurs sur l'image : fréquence des pixels isolés ou de contours de la première couleur en contact avec la seconde couleur ;

- l'association spatiale de couleurs ainsi confortée dans notre Analyse, permet de retrouver une succession de dégradés typiques de certains secteurs d'image. Le dégradé prend la forme d'un émiettement successif de la couleur courante au profit de la couleur associée. Ils se matérialisent dans notre espace factoriel :

- par des séquences de couleurs (voir chapitre 7, § 1.3.5),
- corrélativement, par parentés radiométriques (voir chapitre suivant 7, § 1.3),
- par des avancées de pixels isolés et de pixels de contours, à proximité des grosses particules et surfaces homogènes de la couleur associée, chaque "boucle" s'emboîtant dans la couleur dégradée suivante...

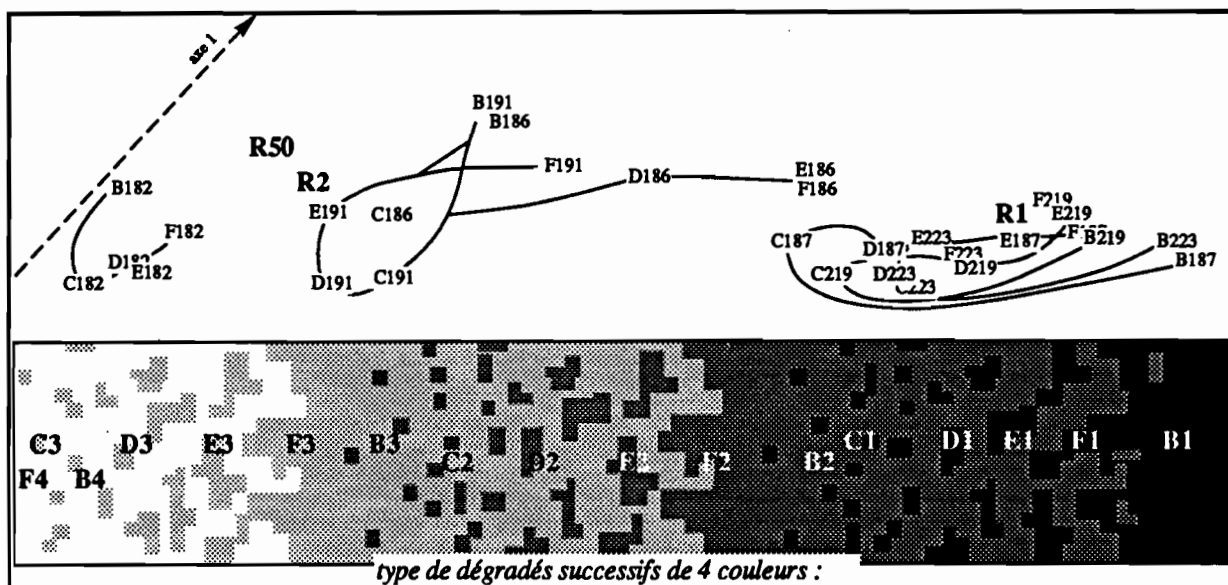


figure 87 : Association de couleurs en dégradés : mise en évidence selon les textures propres.

La figure ci-dessus illustre cet aspect (régions R1 et R2 caractérisées par la séquence de couleurs 182, 191, 186, 218, 219, 187, 223... extrémité bas-droite du nuage, plan 1-2).

Cette démarche nous permet la caractérisation et l'analyse de la texture, à la fois des régions et des couleurs qui les composent, mais à une échelle relativement fine.

Les deux méthodes d'intégration des données radiométriques et texturales apportent chacune un type d'information qui enrichit l'analyse de l'image ; cependant, elles ne permettent pas une reconnaissance facile des régions urbaines et rurales. En effet, l'aspect textural n'est pas pris en compte de manière équivalente à l'information radiométrique.

Il est donc préférable de traiter séparément ces deux types de données, avant de les croiser.

## 2. Classifications des régions

Nous avons cherché à distinguer les régions entre elles à partir des Analyses factorielles ci-dessus développées, de façon à tirer parti des observations déjà faites, des relations existant entre individus et variables, et de la hiérarchie que propose l'A.F.C. entre les différents regroupements.

La méthode de Classification Ascendante Hiérarchique<sup>1</sup> (C.A.H.) a paru présenter ces intérêts, en particulier appliquée sur les coordonnées factorielles issues des Analyses. Cette démarche présente en outre l'avantage de maintenir une continuité méthodologique entre les données initiales et une typologie de télédétection interprétable à l'aide de l'information de terrain.

La méthode de classification choisie, d'usage courant (voir bibliographie proposée pour l'A.F.C., § 1, chapitre 7<sup>2</sup>), a été appliquée sur les coordonnées issues de l'Analyse selon les couleurs, puis sur celles issues de l'Analyse selon la texture (§ 1 et 2 du chapitre précédent).

---

<sup>1</sup> Programme *catvor* du logiciel ADDAD.

<sup>2</sup> voir également les travaux de C. Malek (Malek, 1989) en exemple d'application de la C.A.H. sur des images de télédétection dans une étude diachronique.

Nous examinerons les classes obtenues à partir de chacune de ces deux classifications, puis la typologie qui résulte de leur croisement.

## 2.1. Classification selon l'Analyse sur les couleurs

Le programme produit un *arbre* qui regroupe les individus selon leur degré de parenté, de manière hiérarchique, et qui permet de suivre leur filiation. On trouvera le graphique représentant cet arbre en Annexe 4.

On constate que plusieurs partitions sont possibles sur cette représentation, selon la précision et la cohérence des groupes recherchés. On a ici déterminé graphiquement la partition optimale, en prenant le critère de la plus grande distance qui sépare les partitions successives, ou *noeuds*, sur l'arbre. Cette distance est en effet proportionnelle à la cohésion des groupes, et le choix d'une grande distance offre une partition où la différenciation entre les classes est la meilleure.

A part la division en deux classes qui présente peu d'intérêt, la meilleure partition semble être celle qui sépare les individus en 6 classes, comprenant chacune :

*tableau 11 : Répartition des 51 régions selon les six classes de couleurs - image de 1986.*

• classe 1	R45, R32 ;
• classe 2	R46, R42, R30, R44 ;
• classe 3	R18, R29, R22, R20, R31, R21, R7, R40, R14, R24, R48, R12, R28, R13, R8, R33, R5, R34, R19, R35, R41, R25, R26, R38, R23, R27 ;
• classe 4	R39, R37, R10, R49, R6, R11, R51, R15, R9, R16, R17, R36, R43, R47 ;
• classe 5	R3, R4 ;
• classe 6	R2, R50, R1.

Voyons comment se disposent les classes dans le nuage de points de l'espace factoriel 1-2-3, ce qui nous aidera ensuite à présenter succinctement les principaux caractères de ces classes, en termes de couleurs, et à leur donner une signification géographique.

### 2.1.1. Classes, espace factoriel et couleurs

Reprenons la figure 56 du chapitre 7, § 1.2, et regardons comment se distribuent les six classes de régions dans la représentation du nuage en trois dimensions.

La classification partitionne les trois sous-nuages et le noyau de la manière suivante :

- le premier sous-nuage est résumé par la classe 6, nettement distinguée du reste de la distribution par les couleurs saturées qui la caractérisent ;
- le second sous-nuage se scinde en plusieurs classes qui correspondent aux grands types de couleurs :
  - les secteurs à rouges plus ou moins vifs dominants en classe 1,
  - les régions intermédiaires avec le noyau dans l'association de leurs couleurs rouges sombres et verts sombres, en classe 2,
  - à l'autre extrémité du sous-nuage, les secteurs de bleus et verts clairs regroupés en classe 5 ;
- le troisième sous-nuage est essentiellement représenté par la classe 4 qui groupe les régions à dérivés de rouges et de jaunes ;
- le noyau et ses verts-marrons se retrouvent dans la classe 3, avec une extension le long du second sous-nuage, en direction de la classe 1.

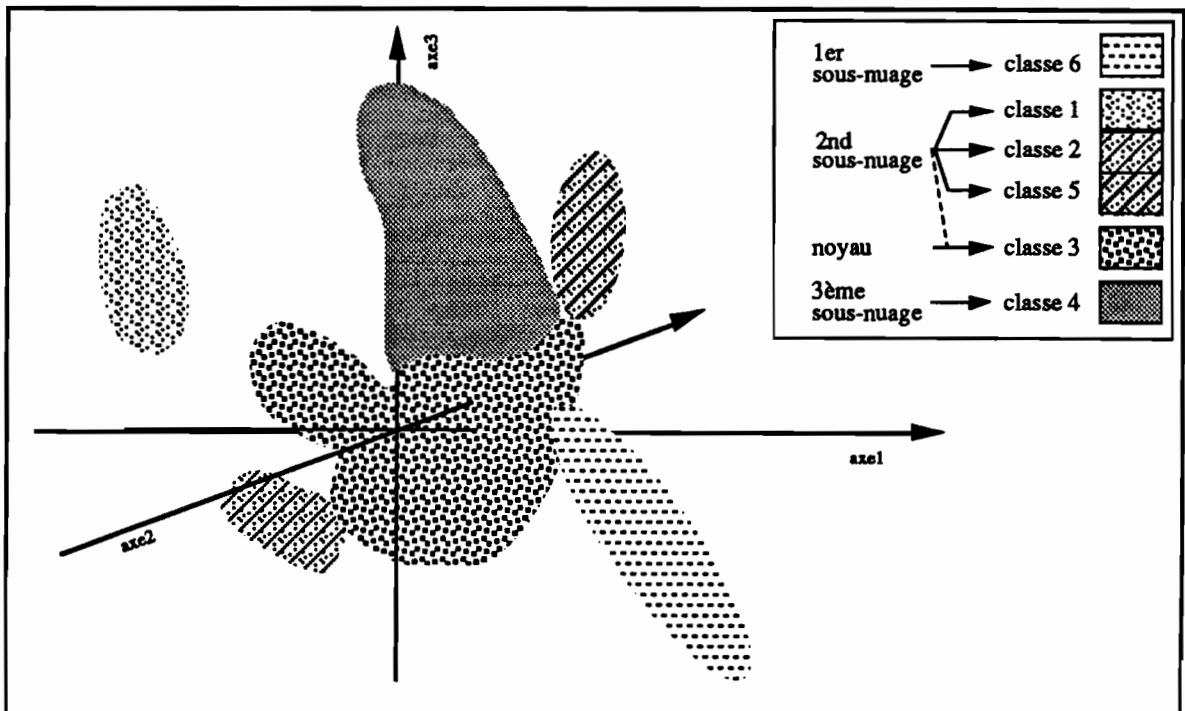


figure 88 : Distribution des classes de couleurs dans le nuage factoriel 1-2-3, 51 régions.

En fonction des regroupements, de leur position dans l'espace factoriel et des couleurs qui leur sont associées, nous allons maintenant essayer d'apporter un contenu thématique aux classes.

### 2.1.2. Caractères des classes et leur signification géographique

L'examen des classes nous permettra d'identifier d'éventuelles subdivisions à l'intérieur de celles-ci, et d'améliorer la précision de l'analyse :

- **classe 1** : cette classe est groupée autour de la séquence de couleurs 68, 100, 132, 164, 196, 228... soit des rouges vifs. La classe 1 rassemble en effet deux régions caractérisées par la grande quantité de végétation à forte activité chlorophyllienne. Dans les deux cas, les couleurs les plus voyantes correspondent à des paysages, où dominent les strates herbacées parfois assorties de bouquets d'arbres (couleurs plus sombres), développés sur des sols noirs (lithosols), ou de cendres volcaniques très humides mélangées à des matières organiques.

Nous avons vu que ces caractéristiques concernent deux milieux très différents : urbain, ou pseudo-naturel (R32), et naturel pour le lac de Xochimilco (R45), secteurs où l'eau reste en abondance en saison sèche.

- **classe 2** : elle correspond à des secteurs de transition entre les surfaces essentiellement à sol nu et ceux où la végétation prédomine. Son emplacement dans l'espace factoriel et la séquence de couleurs 40, 72, 73 montre qu'il s'agit d'une association de sols sombres et de végétation moins active : eau en parcimonie pour des strates herbacées essentiellement (R42, R44, R46), ou présence d'arbres (R30). Les substrats sombres sont d'origine volcanique (Ajusco, Sierra Sta. Catarina).

Les classes 1 et 2 semblent comparables sur la nature du substrat, mais diffèrent sur la nature, l'état ou la densité de la couverture végétale, que reflètent des couleurs composées à partir de réponses radiométriques plus faibles dans le canal 2. Aucune subdivision significative n'apparaît dans ces deux classes.



• **classe 3** : elle regroupe la moitié des régions, celles où les verts-marrons sont présents en fortes proportions, distribuées dans l'espace factoriel en fonction de la séquence de couleurs 45, 77, 109, 141, 173. Les surfaces de ces secteurs sont essentiellement constituées de matériaux minéraux gris, plus clairs que les matériaux volcaniques, qu'ils soient d'origine : R12, R40, R41..., ou rapportés : R5, R8, R19, R22 à R28, R31, R33, R34... sous forme de béton. La classe 3 rassemble donc des régions du milieu naturel dépourvu de végétation, aussi bien que les quartiers les plus densément urbanisés.

Il est intéressant de noter que la C.A.H. divise la classe 3 en deux sous-classes :

- la sous-classe 3a constituée des régions qui offrent un paysage totalement dépourvu de végétation, exclusivement livré au béton, paysage typique d'une urbanisation dense et pauvre, celle des périphéries populaires, ou au contraire, des secteurs dénudés à substrat sombre, faiblement construits ;
- la sous-classe 3b, correspondant à l'excroissance du noyau signalée dans le paragraphe précédent 1.1.1, regroupe les régions qui abritent tout de même de la végétation, sous diverses formes : herbacée dispersée dans les secteurs naturels à sol gris (R38, R41), ou sous forme de jardins plus ou moins arborés, de taille réduite (Xochimilco : R23, R25, R27, vieux centres locaux Tlalpan : R26).

• **classe 4** : les couleurs V177, V178, V209, V213, V214, V241... traduisent la présence d'une végétation spontanée sous forme herbacée, en plaques, plus ou moins dispersée et qui laisse apparaître le sol. La classe 4 semble comparable à la classe 2, mais regroupe des régions à sols plus clairs que ceux d'origine volcanique, éventuellement dégradés par l'urbanisation en périphérie. La Classification permet de distinguer deux nuances :

- la sous-classe 4a, formée des régions assez urbanisées au sol occupé par du béton gris, mais où subsistent des traces de végétation urbaine, jaunie ou à l'activité ralentie en saison sèche ; ces secteurs correspondent essentiellement à des zones de forte activité urbaine, notamment au contact Chalco-Ixtapaluca<sup>1</sup> ;
- la sous-classe 4b, constituée de secteurs dont les paysages se caractérisent par une densité de bâti moindre que ceux de la sous-classe précédente, mais qui portent les stigmates d'une dégradation accrue des sols due à une urbanisation rapide (R17, R36, R43), ou à des activités urbaines sans construction : circulation, sports, cimetière... (R47). Les traces décelables de végétation peuvent être liées aux lambeaux de chiendent maintenu vert par le rejet des eaux usées en provenance des habitations dépourvues d'égouts.

---

<sup>1</sup> Les régions R6 et R49 échappent à cette description, mais on notera leur mauvaise qualité de représentation par l'ensemble de l'Analyse. Elles présentent sans doute une catégorie de surface bien particulière, que leur faible poids statistique ne permet pas de mettre clairement en évidence, et de constituer une classe spécifique.

• **classe 5** : les deux régions R3 et R4 (Nezahuacóyotl) forment une classe séparée en raison de leurs couleurs bien particulières (V114, V146, V150) décrivant des secteurs densément construits sur les sols salins, mais incomplètement équipés en voirie. Cette situation, en effet, a pour conséquence de laisser libre-circulation à la poussière blanchâtre, et de favoriser le saupoudrage en blanc du bâti, pourtant majoritairement construit de béton gris. Le paysage associé est celui d'une ville construite sur du sable.

Cette classe correspond à la classe 3 pour le bâti, et à la classe 6 pour le sol et l'absence de végétation.

• **classe 6** : cette classe s'appuie sur les couleurs V182, V186, V191, V218, V223 qui correspondent au désert salin blanc, dont la croûte superficielle est durcie par la forte fréquence des activités dans le secteur du lac Texcoco (voir chapitre 6, § 3.3). Les trois régions du nord à sol salin dénudé, sec, et au bâti dispersé ou précaire sont en effet regroupées ici. La dégradation du sol se traduit par une modification des couleurs par rapport à celles correspondant au milieu lacustre. Le paysage correspondant à la classe 6 est donc celui d'une vaste surface désertique, plate, sillonnée de pistes poudreuses qui desservent des essaims de micro-bâti dispersé encore indécélables directement sur l'image (R1).

Comme celles de la classe 5, les régions de la classe 6 sont localisées sur les fonds asséchés du lac Texcoco.

Les caractères géographiques des six classes de couleurs se résument de la manière suivante :

*tableau 12 : Résumé des caractères géographiques selon les classes de couleurs.*

classes	urbanisation	sol	végétation
cc1	inexistante ou rare	sombre invisible	herbacée très active abondante
cc2	inexistante ou rare		arborée ou herbacée peu active
cc3a	dense consolidée ou en développement	clair ou sombre parfois invisible	inexistante ou rare
cc3b	dense ou inexistante ou en développement	sombre	
cc4a	dense plus ou moins consolidée	clair dégradé	
cc4b	inexistante ou dispersée en développement	clair dégradé	
cc5	bâti dense, voirie incomplète	très clair poudreux ou durci	
cc6	dispersée, précaire en développement	très clair dégradé	

La distribution spatiale des classes est la suivante :

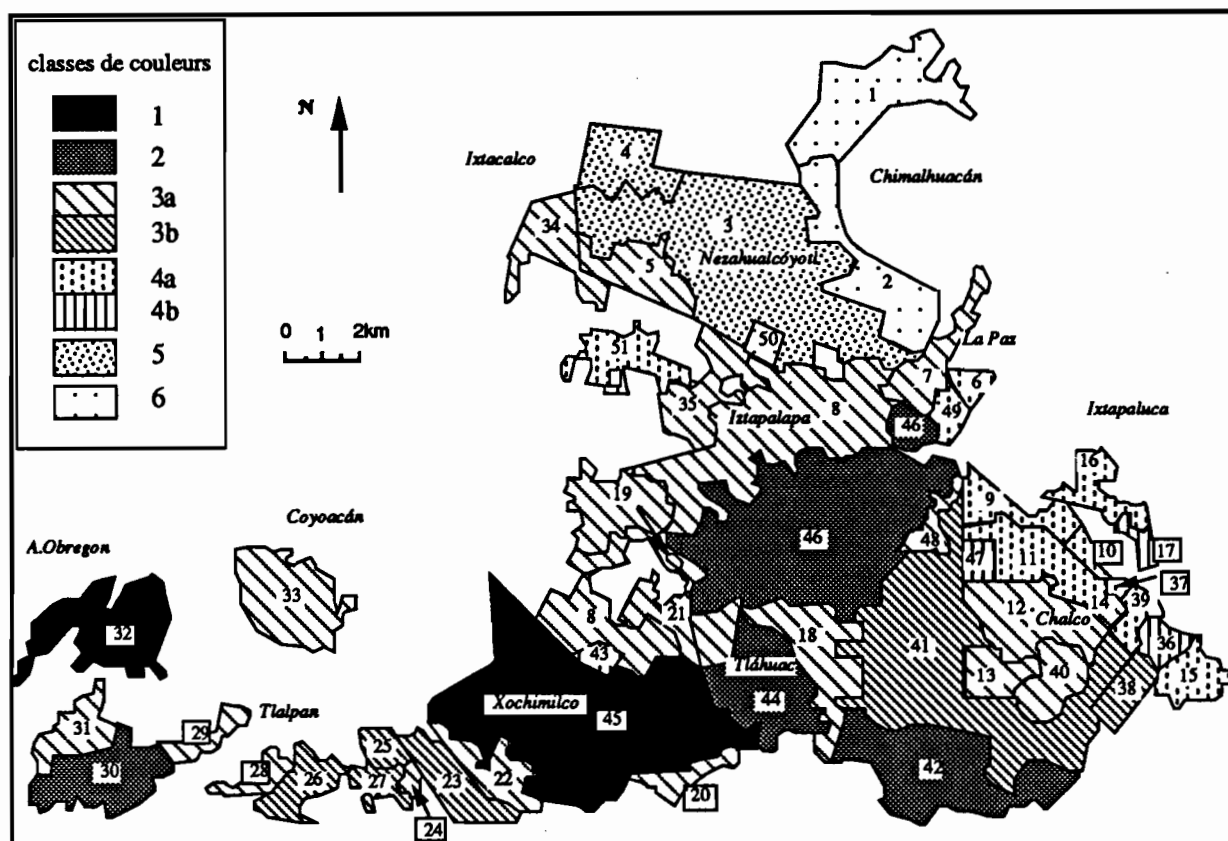


figure 89 : Distribution spatiale des 6 classes de couleurs - 51 régions.

Etudions maintenant le regroupement des régions selon leur caractère de texture d'image.

## 2.2. Classification selon l'Analyse sur la texture

La C.A.H. calculée à partir des coordonnées sur les axes factoriels de l'Analyse des textures par régions (chapitre 7, § 2) produit la représentation arborescente présentée en Annexe 5.

On remarque que l'arbre est nettement séparé en deux : une "branche" qui porte les régions à texture grossière, et l'autre les régions à texture fine. Si l'on reprend le même critère que précédemment pour la détermination de la partition optimale, 4 classes apparaissent, 2 dans chacun des grands types de texture. Ces classes se composent des éléments suivants :

tableau 13 : Répartition des 51 régions selon les quatre classes de texture - image de 1986.

• classe 1	R32 ;
• classe 2	R23, R7, R15, R29, R27, R34, R26, R25, R9, R17, R21, R24, R31, R35, R43, R48, R10, R30, R16, R19 ;
• classe 3	R46, R12, R13, R14, R42, R49 ;
• classe 4	R8, R33, R28, R22, R41, R40, R50, R4, R44, R51, R18, R20, R47, R39, R45, R3, R11, R2, R36, R5, R6, R38, R37, R1.

La répartition des classes de texture dans le nuage formé par les facteurs 1 et 2 (figure 90 ci-après) montre une division nette entre les deux pentes de sa forme parabolique :

- sur la partie gauche, se disposent les classes 1 et 2 correspondant aux secteurs d'image caractérisés par leur hétérogénéité ;
- sur la partie droite, se répartissent les classes 3 et 4 qui regroupent les régions à surfaces plus homogènes.

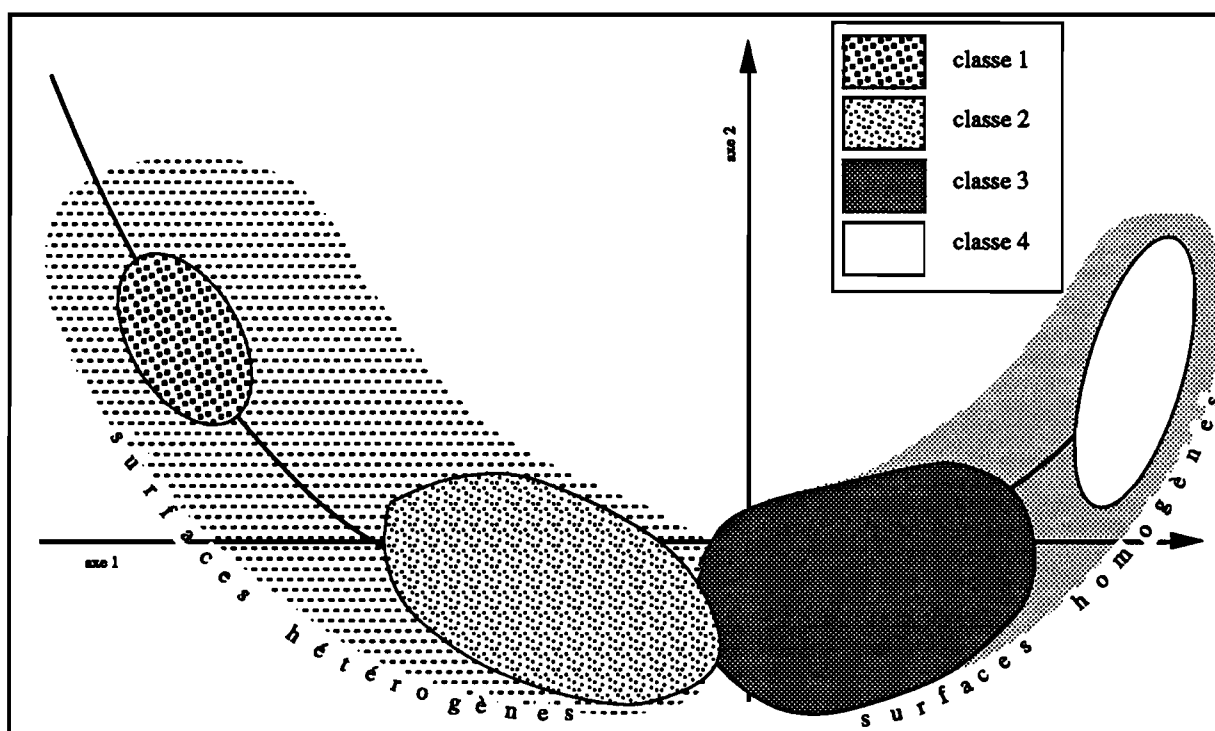


figure 90 : Distribution des classes de texture dans le plan factoriel 1-2.

Précisons succinctement le contenu des classes obtenues :

- **classe 1** : cette classe, caractérisée par les valeurs d'entropie les plus fortes : S173, S179, S193, ne contient qu'un seul élément dont la constitution texturale représente un extrême dans l'hétérogénéité : un assemblage de pixels isolés, c'est-à-dire que chacun se caractérise par une couleur différente de celles des pixels voisins. Paradoxalement, la cohésion de cette surface se remarque par ses fortes différences locales. Ce caractère s'explique par la nature et la constitution du paysage correspondant : succession d'objets de taille compatible avec la résolution des capteurs HRV (décamétrique), découpage de l'espace proche de celui effectué par les capteurs. Les contrastes s'expliquent quant à eux par la dispersion du bâti parmi des jardins dont le statut privé explique la multitude des formes d'utilisation (pelouses, bouquets d'arbres, ombres, parterres fleuris...).

- **classe 2** : nous avons vu (§ 2.2 du chapitre précédent) que cette partie du nuage correspond à des entropies fortes et moyennes-fortes. Ces valeurs sont caractéristiques de régions d'image constituées d'une grande quantité de particules de couleurs très variées qui traduisent un paysage composite. Ces éléments variés sont d'échelle supérieure à celle de la propriété privée urbaine représentée dans la classe 1, et leur taille est ici de l'ordre de la manzana, et de particules sur l'image. Le paysage correspondant est donc celui de tissus urbains à forte variation dans l'occupation du sol, à l'échelle du pâté de maisons.

La C.A.H. met en évidence deux types de texture à particules :

- la sous-classe 2a présente des cas très spécifiques de particules en mosaïque, sans véritable contexte uniforme (voir figure 91 ci-après). Les manzanas qui s'individualisent chacune par rapport à leurs voisines, traduisent la diversité évoquée ci-dessus caractérisée par une succession de tissus urbains hétéroclites d'échelle hectométrique (Tlalpan et Xochimilco) ;

- la sous-classe 2b regroupe les secteurs d'image présentant des fonds assez uniformes, d'où une entropie plus faible, mais criblés de pixels isolés. Ce type de régions présente des paysages assez uniformes présentant toutefois des phénomènes ponctuels, dispersés, contrastés avec l'environnement (par exemple : quartiers qui se couvrent de constructions nouvelles de petite taille (échelle métrique) dans un environnement naturel encore visible, ou au contraire : secteurs densément urbanisés, incluant des lots encore en friche...).

- **classe 3** : elle regroupe les régions les plus homogènes de notre zone d'étude, caractérisées par des valeurs d'entropie faibles (S0, S33, S51...), liées à un nombre restreint de couleurs agencées en vastes plages uniformes. Elles correspondent à un paysage constitué d'éléments de grande taille (échelle kilométrique), dont les variations locales sont inférieures à la limite de résolution des capteurs SPOT. Ces paysages sont caractéristiques des milieux naturels peu exploités et peu aménagés, lacustre (R42), de relief (R46) ou de piémont (R49). La classe 3 inclut également des secteurs susceptibles d'urbanisation, lorsque celle-ci n'est pas encore visible sur l'image, parce qu'elle reste peu manifeste ou se développe sur des sols sombres (R12, R13, R14).

- **classe 4** : nous avons vu que les régions situées dans cette partie du plan factoriel sont constituées de quelques couleurs agencées en surfaces entremêlées, de taille moyenne et de formes difficilement interprétables. Il s'agit en effet de milieux naturels ou urbains assez homogènes qui apparaissent peu contrastés sur l'image, et dont les éléments ont été partiellement effacés par le seuillage radiométrique, lors du calcul de la composition colorée. On distingue :

- la sous-classe 4a dont les secteurs présentent des fonds uniformes sur lesquels s'étendent des taches de couleurs différentes. Il s'agit de régions homogènes sur lesquelles, cependant, se déroulent des activités d'envergure, aussi bien dans le milieu naturel : lacustre aménagé (R41, R44, R45), agricole (R39, R40, R41), terrains vagues (R51)... que dans le domaine urbain densément ou assez densément urbanisé (R4, R8, R18, R22, R33). On remarquera que la division de cette sous-classe proposée par la C.A.H. permet de distinguer les milieux naturels des milieux urbains (R8, R33, R28, R22), à la région R4 près ;

- la sous-classe 4b rassemble les régions qui ne présentent pas de fonds uni, mais sont constituées d'un assemblage de surfaces de couleurs en nombre restreint (*mosaïque de taches*). Cette homogénéité affaiblie (entropie plus élevée que 4a) est l'expression sur l'image des paysages composés de grands ensembles marquant souvent des états intermédiaires entre deux statuts différents, des changements importants en nature et en surface, comme les bouleversements qui mènent un secteur rural à un quartier urbanisé, de sa naissance (R1, R6, R36, R38) à son développement (R2, R3, R5, R11).

La figure 91 ci-après présente des exemples de grands types de texture déterminés par la classification.

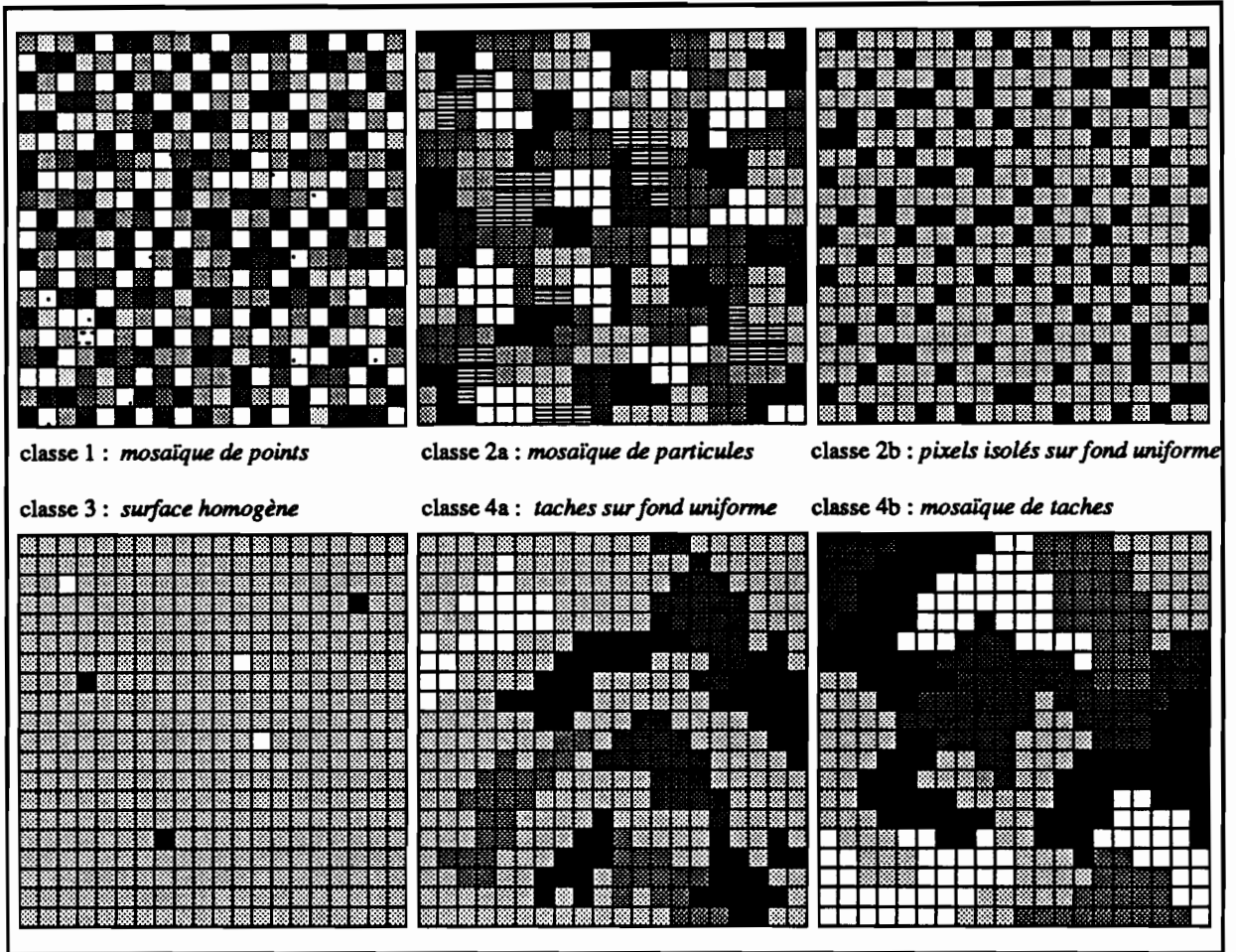


figure 91 : Types de texture selon les classes texturales.

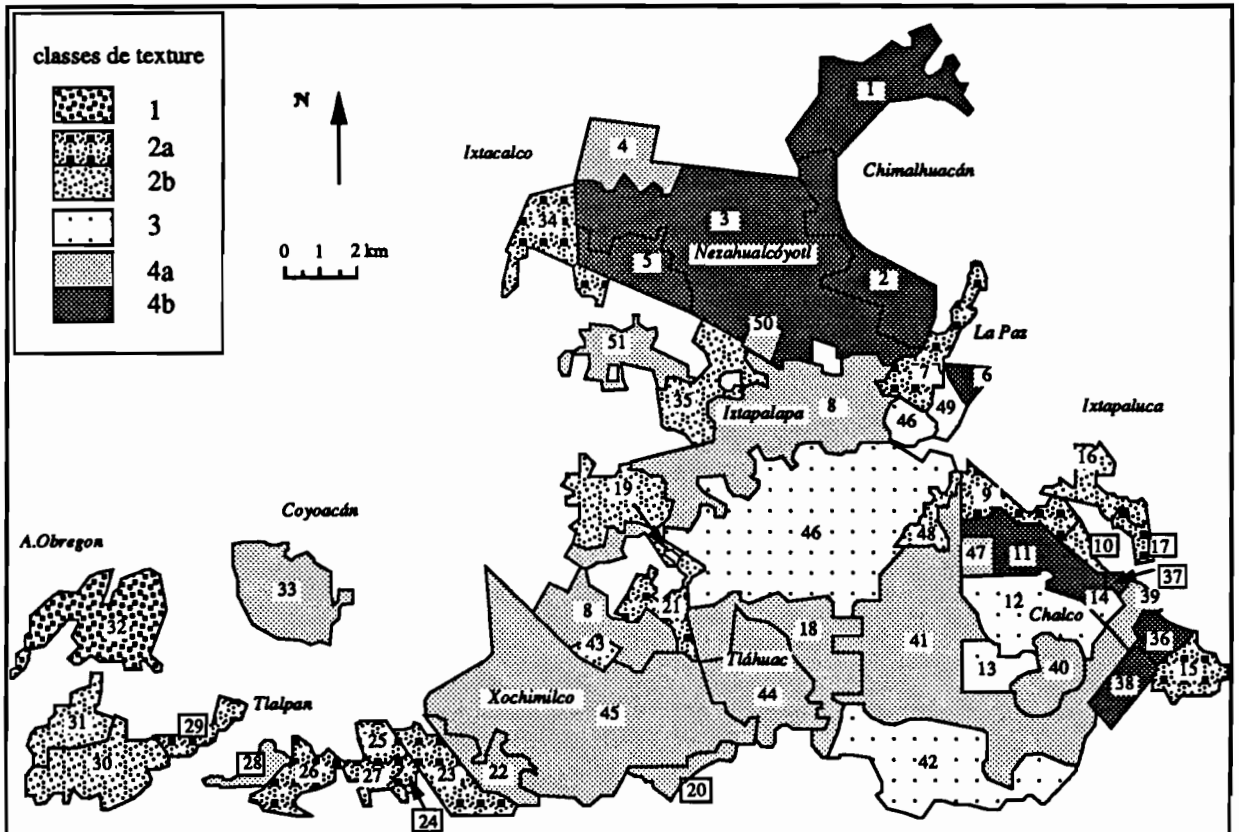


figure 92 : Distribution spatiale des quatre types de texture - 51 régions.

La carte ci-dessus de la distribution spatiale des classes (figure 92) montre que trois secteurs de l'image présentent des textures grossières : le sud-ouest (A. Obregon, Tlalpan, Xochimilco), le centre (Ixtacalco, Iztapalapa, Tláhuac) et l'est (Chalco, Ixrapaluca). Les secteurs homogènes se situent plutôt dans le quart sud-est de la zone d'étude, entourés de régions à texture moyenne.

Nous avons donc réalisé deux classifications ; essayons maintenant de voir comment les deux critères d'analyse d'image peuvent concourir à la discrimination des régions naturelles et des régions urbaines.

### 3. Typologie des régions d'image par croisement des classifications

La discrimination mutuelle des éléments d'après leur distribution dans les classes nous est donnée par le croisement simple des résultats des deux classifications. Le croisement nous permet en effet de conférer aux deux classifications une égale importance.

Le tableau ci-après présente ce croisement :

*tableau 14 : Distribution des 51 régions d'image dans le croisement des deux classifications.*

	ct3	ct4a	ct4b	ct2b	ct2a	ct1
cc1		R45				R32
cc2	R46, R42	R44		R30		
cc3b		R41	R38		R25, R26, R23, R27	
cc3a	R14, R12, R13	R18, R22, R20, R40, R28, R8, R33	R5	R31, R48, R19, R35	R29, R21, R7, R24, R34	
cc4b		R47	R36	R43	R17	
cc4a	R49	R39, R51	R37, R6, R11	R10, R16	R15, R9	
cc5		R4	R3			
cc6		R50	R2, R1			

*avec cc = classe de couleur, ct = classe de texture*



On a gardé dans ce tableau les divisions en sous-classes afin de tenir compte des nuances et de permettre une analyse plus fine. On a également modifié l'ordre des classes et sous-classes en fonction de leur position dans les plans, ce qui permet de retrouver une graduation dans les caractères observés. Les classes de texture ont été disposées par ordre d'homogénéité décroissante, de gauche à droite.

On constate que le croisement permet de discriminer les régions selon les grands caractères de l'image. Certaines des difficultés de reconnaissance des milieux sont ainsi levées. Parmi elles, les impossibilités que nous avons signalées : discrimination R32/R45-R41, R3-R5/R1-R38 (§ 2.2, chapitre précédent)...

Le tableau sépare globalement les surfaces hétérogènes (à gauche du tableau) des surfaces homogènes (à droite), et les régions à couleurs rouges (en haut), de celles à couleurs sombres (milieu du tableau) et claires (en bas). Les correspondances thématiques poste par poste du croisement des classifications sont résumées dans le tableau de la page suivante (tableau 15).

Ce document permet les commentaires suivants :

- la méthode rend possible une discrimination nette des grands thèmes, notamment la séparation des thèmes urbains, de ceux du milieu naturel ;
- les régions aux caractères très particuliers (couleurs et texture de R32, couleurs de R1, R2, R50...) sont clairement mises à l'écart des groupes de secteurs standards (postes au centre du tableau) ;
- les régions typiquement urbaines sont rassemblées dans le centre du tableau, ce qui traduit, globalement, la relative uniformité des milieux fortement urbanisés. Trois noyaux apparaissent néanmoins, représentant chacun un type urbain particulier :
  - tissu urbain hétérogène,
  - tissu dense uniforme,
  - tissu dense sur sol visible clair ;
- entre ces trois noyaux, se situent les cas intermédiaires d'urbanisation en cours de développement ; leur dispersion dans le tableau traduit leurs multiples aspects, et correspond à la diversité des milieux naturels sur lesquels les nouveaux quartiers se bâtissent ;

tableau 15 : Principaux thèmes correspondant au 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"		
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 et d'urbanisation occulte	milieu agricole extensif ou urbanisation dense ou urbanisation localement discontinue sur sol gris	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 (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			
cc6		milieu de sol salin dégradé par les activités	urbanisation dispersée sur sol salin			

- les thèmes du milieu naturel sont localisés dans les deux colonnes de gauche ; leur dispersion sur l'ensemble des lignes du tableau, montre les grandes différences d'aspect que peut revêtir ce type de milieu ;
- les associations de couleurs typiques des différents milieux naturels se morcellent et se diversifient vers la droite du tableau, en fonction du degré et du type d'urbanisation ;
- le poste correspondant au croisement des classes ct4a et cc3a regroupe des thèmes différents qui n'ont pu être discriminés : milieu urbain dense (R8, R28, R33) et milieu agricole (R40) ; la discrimination est observable à un niveau hiérarchique inférieur dans la classification des textures.

Ces relations entre les thèmes et l'image sont représentées par la figure ci-après.

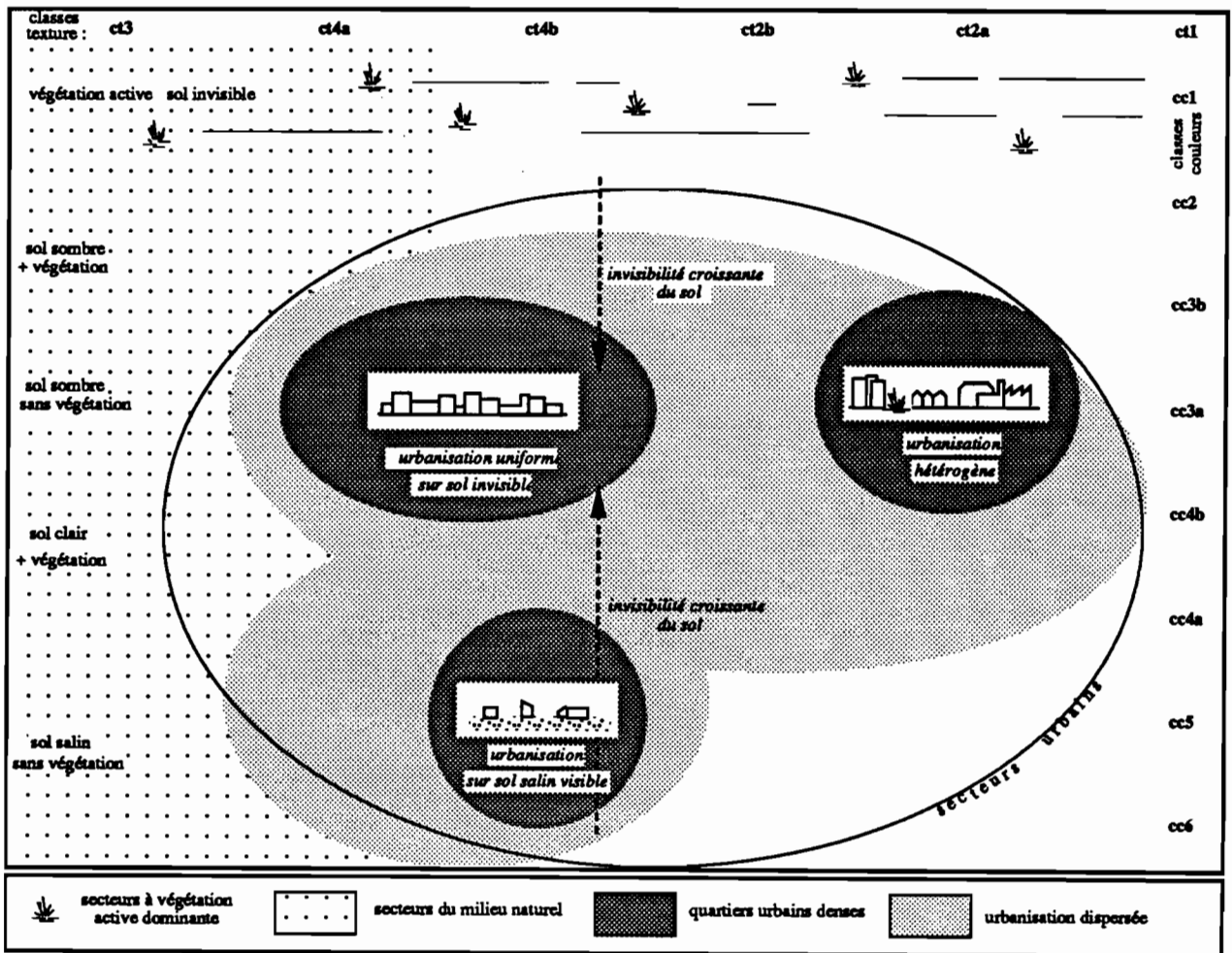


figure 93 : Structures de l'image et thèmes, synthèse.

Nous sommes maintenant en mesure de discriminer les secteurs urbains qui intéressent notre problématique. Nous allons donc les déterminer et choisir ceux que nous examinerons d'une manière plus approfondie, afin de compléter nos connaissances du milieu urbain d'après l'image.

#### 4. Détermination des secteurs urbains

Des analyses précédentes, nous dressons la liste des régions selon leur appartenance aux grands milieux :

*tableau 16 : Répartition des 51 régions selon les milieux naturel et urbain.*

milieu naturel	R12, R13, R14, R32, R41, R42, R44, R45, R46, R49 ;
milieu urbain, péri-urbain	R1, R2, R4, R6, R9, R10, R11, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R30, R31, R35, R36, R37, R38, R39, R43, R47, R48, R50, R51 ;
consolidé	R3, R5, R7, R8, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R33, R34, R40.

Cette liste appelle quelques remarques déjà formulées en partie :

- la partition en trois milieux tranche brutalement des cas intermédiaires :
  - cas intermédiaires entre milieux naturel et péri-urbain : R12, R13, R14, R50, R51,
  - cas intermédiaires entre les urbanisations péri-urbaine et consolidée : R7, R9, R18, R20... ;
- la région R40 n'a pu être discriminée des secteurs urbains par la méthode ;
- les secteurs R15 et R48 correspondent à des pueblos, et ont été classés avec les secteurs péri-urbains ;
- les régions R9, R35, R50 et R51 sont incluses avec les zones péri-urbaines, bien qu'étant parmi les plus proches du centre de l'agglomération, ce qui correspond bien à la réalité, puisque ces secteurs ont été urbanisés en retard par rapport à certains quartiers plus extérieurs ;
- la région R32, regroupée avec celles du milieu naturel, appartient en réalité à une catégorie d'urbanisme très particulier : consolidé mais peu dense...

En réaffectant les régions R32 et R40, il est possible de cartographier la partition obtenue ; on obtient alors la figure 94 ci-après.

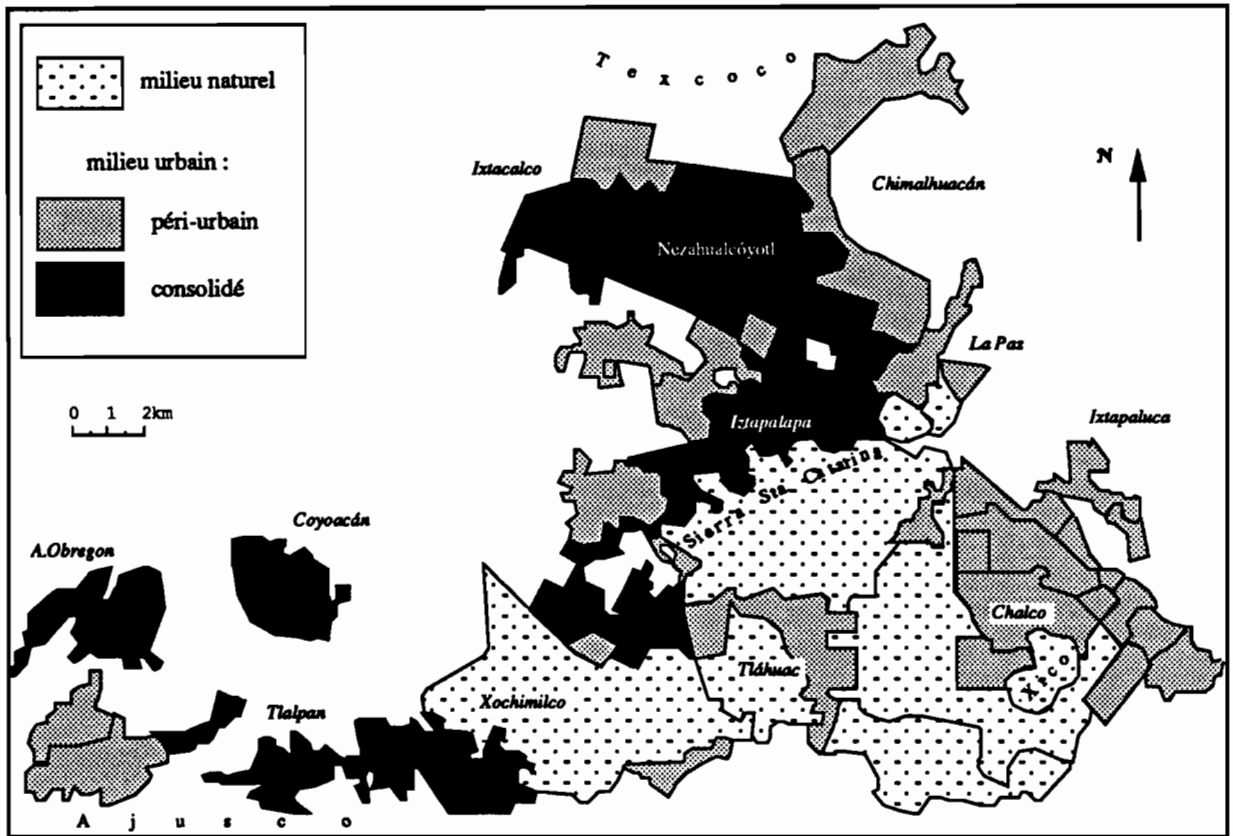


figure 94 : Les 51 régions, selon leur milieu d'appartenance.

Cette cartographie permet une bonne distinction des quartiers périphériques, par rapport aux secteurs urbains denses. On remarque notamment la périphérie est de la Vallée de Chalco, séparée de l'agglomération par les secteurs appartenant au milieu naturel, ainsi que les extensions sud-ouest de l'Ajusco (Padierna), différentes de celles de Tlalpan et Xochimilco déjà consolidées. Les lacunes d'urbanisation de la délégation d'Iztapalapa apparaissent également de manière claire.

Cette disposition nous permet d'extraire les structures majeures du sud de l'agglomération de Mexico (figure 95).

Nous conserverons donc pour l'étude urbaine qui suit :

- les régions du milieu péri-urbain, à l'exception de R47 non réellement urbanisé et interdit à la construction par le Plan d'Occupation du Sol, soit les régions : R1, R2, R4, R6, R9, R10,

*Handwritten note:*  
Région R47  
1-278

R11, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R30, R31, R35, R36, R37, R38, R39, R43, R48, R50, R51. Leur connaissance est en effet primordiale pour l'étude d'un développement urbain ;

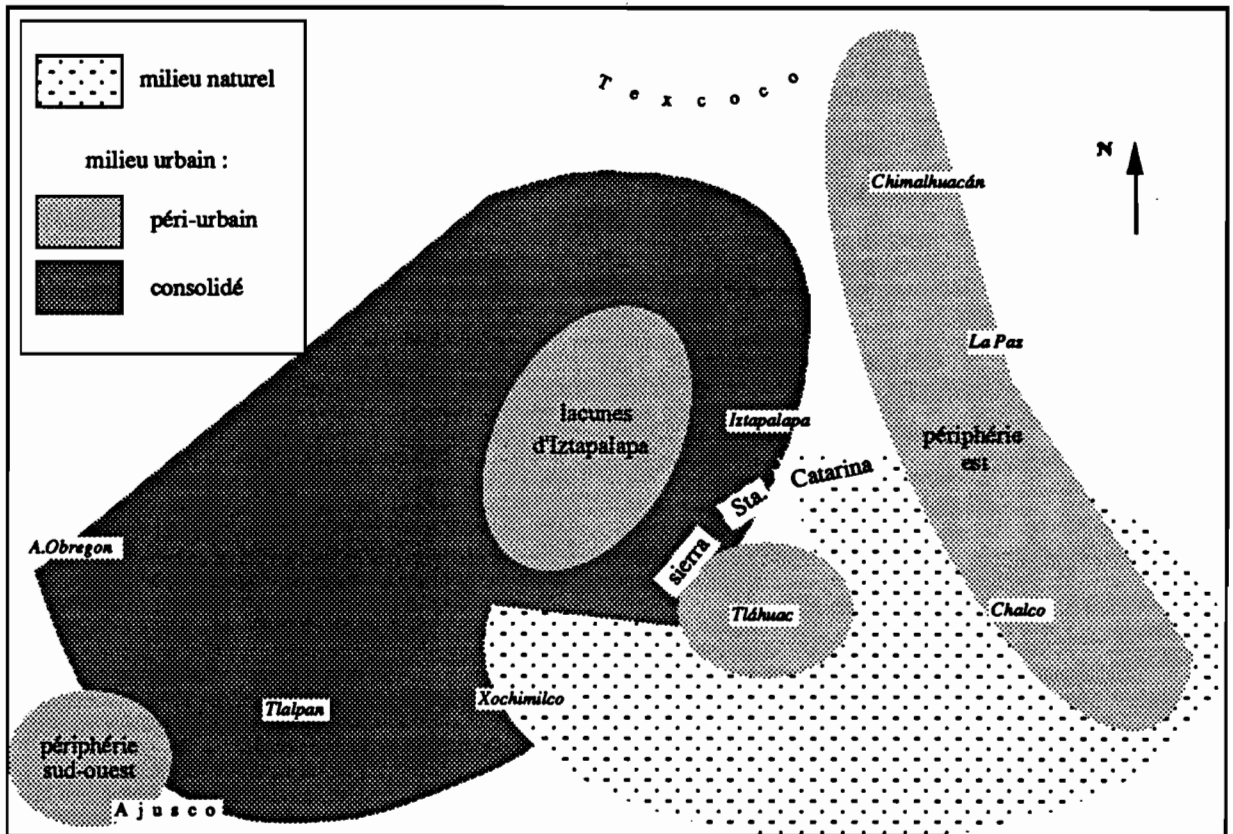


figure 95 : Structures majeures du sud de l'agglomération.

Nous conserverons donc pour l'étude urbaine qui suit :

- les régions du milieu péri-urbain, à l'exception de R47 non réellement urbanisé et interdit à la construction par le Plan d'Occupation du Sol, soit les régions : R1, R2, R4, R6, R9, R10, R11, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R30, R31, R35, R36, R37, R38, R39, R43, R48, R50, R51. Leur connaissance est en effet primordiale pour l'étude d'un développement urbain ;
- les régions R3, R5, R7, R8, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R33, R34, celles reconnues comme appartenant au milieu urbain dense et consolidé, mais dont on a retiré la région R40 (voir plus haut) ; ces secteurs peuvent en effet servir de repère pour zones en cours d'urbanisation ;
- les régions R12, R13, R14 sont rajoutées car elles complètent le territoire de Chalco, et parce qu'elles doivent être étudiées avec attention pour leur urbanisation prochaine probable ;

- la région R32 rejoint également la liste des secteurs urbains : nous avons vu que ses caractéristiques particulières correspondaient à un type urbain spécifique.  
... soit 43 régions urbaines ou susceptibles de le devenir.



Nous avons essayé, au cours de ce chapitre, d'intégrer les informations radiométrique et texturale pour une meilleure discrimination des secteurs de l'image. Après plusieurs tentatives, il nous est apparu que la méthode la plus efficace est basée sur le croisement de deux classifications réalisées séparément selon chacun des deux critères : une classification selon les caractères de couleur, et la seconde selon les caractères de texture. Les Classifications Ascendantes Hiérarchiques utilisent ici les coordonnées factorielles issues des Analyses du chapitre précédent, ce qui assure la continuité de la démarche.

La classification selon les couleurs révèle l'existence de six grands types de régions, deux d'entre eux pouvant être divisés en sous-classes. Cette partition permet de retrouver les structures, de les délimiter et de préciser leurs caractères. La qualité de la végétation, la nature du sol et la densité urbaine apparaissent comme les trois principaux éléments thématiques déterminant les classes.

La classification selon la texture isole quatre types d'organisation des couleurs, distinguant les mosaïques de points, de particules, les taches, en présence ou non de fonds uniformes. Les espaces verts, le grand bâti, les infrastructures, l'uniformité de l'urbanisme ou des milieux naturels... déterminent la répartition des régions dans les classes.

La redistribution des individus dans un tableau à deux entrées dont chacune correspond à l'une des classifications, permet une bonne discrimination des secteurs d'image selon les deux

critères, sans privilégier l'un par rapport à l'autre. Chacune des classes croisées est caractérisée par des couleurs et un type de texture prédominants.

Il résulte une séparation nette des domaines urbain et naturel, avec la mise en évidence de nuances à l'intérieur-même des thèmes. On remarque ainsi différentes formes d'urbanisation : tissu urbain hétérogène, dense uniforme, dense sur sol visible clair, peu dense et à jardins, ainsi que des situations intermédiaires d'où l'on peut extraire les périphéries de l'agglomération. Les régions où l'urbanisation est trop dispersée pour être détectée, ont été regroupées avec celles du milieu naturel.

La reconnaissance sur l'image des grands milieux nous a permis de retenir 43 régions urbaines ou susceptibles de le devenir. Ces régions forment l'*image urbaine* à partir de laquelle nous allons maintenant tenter une analyse plus fine en vue d'identifier des types d'occupation du sol, quelques grands paysages, voire des traits de morphologie urbaine.



# Chapitre 9

## L'image urbaine

---

Dans le chapitre précédent, nous avons déterminé, à l'issue d'une chaîne de traitements, les régions de l'image représentant le domaine urbain et péri-urbain. Quarante-trois des cinquante et une régions initiales nous sont apparues comme relevant de l'étude urbaine.

Nous avons cherché à aller plus avant dans l'étude de ces régions particulières, et à caractériser ces secteurs en termes de géographie urbaine. Pour cela, nous avons tout d'abord associé une information exogène aux données satellitaires, pour une analyse plus précise des diverses formes d'occupation du sol, en relation avec les caractères de l'image.

Nous tenterons ensuite de dégager les grands types de quartiers selon des critères d'images, typologie que nous tenterons d'interpréter selon nos connaissances géographiques générales sur les différents secteurs, avant de les mettre en relation avec des informations de terrain spécifiques (voir 3ème partie). L'établissement de la typologie suit la même démarche d'investigation que celle utilisée précédemment pour l'étude globale de l'image : Analyse Factorielle des Correspondances et Classifications.

### **1. Relations entre la composition colorée et une information exogène : le Plan d'Occupation du Sol**

Les structures de l'image précisées, nous avons essayé d'améliorer l'interprétation géographique des données de télédétection, en précisant les relations qui existent entre les caractères de la composition colorée et les informations fournies par le Plan d'Occupation du

Sol établi par le D.D.F<sup>1</sup>. Nous exposerons tout d'abord, brièvement, les manipulations effectuées pour la confrontation de l'information satellitaire à l'information exogène, puis nous présenterons les résultats obtenus.

### 1.1. Superposition du Plan d'Occupation du Sol à l'image SPOT

Pour permettre une étude statistique précise, nous avons superposé l'information exogène à l'image de façon à réaliser un décompte des pixels de chacune des couleurs, selon les thèmes d'occupation du sol. Cette opération s'est déroulée en six étapes :

- définition d'une nomenclature de 21 thèmes par regroupement des 39 thèmes de la nomenclature du P.O.S. ;
- relevé des limites des surfaces correspondant aux thèmes, délégation par délégation, et scanérisation des cartes obtenues ;
- transfert sous le logiciel *Planètes* des limites cartographiées ;
- recalage géométrique des cartes sur l'image de 1986<sup>2</sup> ;
- délimitation, sur l'image recalée, des zones correspondant aux surfaces de chacun des thèmes, à l'aide du programme *zone* ;
- comptage du nombre des pixels par thème et par couleur.

On obtient en résultat un tableau d'effectif qui traduit la fréquence des couleurs rencontrées sur la composition colorée, en fonction des thèmes d'occupation du sol qui leur correspondent spatialement. Il devient alors possible de caractériser les régions de l'image en termes d'occupation du sol, grâce à des Analyses Factorielles des Correspondances.

On a simplifié la nomenclature initiale par regroupement sous un seul thème des différentes formes d'occupation du sol des milieux naturels : culture, élevage, forêt... intensif ou extensif.

---

<sup>1</sup> Rappelons que ce document a permis de dresser nos cartes d'occupation du sol exposées dans le chapitre réservé à la présentation des délégations.

<sup>2</sup> Cette opération n'a pas présenté de difficulté, étant donné l'extension spatiale restreinte des délégations ; l'imprécision résultante du recalage reste donc négligeable.

Au contraire, on a conservé les nuances de l'information urbaine, notamment la densité d'habitants, à l'exception de celle concernant les centre/sous-centre/couloir urbains, regroupés sous un thème général *centre urbain* (voir Annexe 8).

On notera que le document ne couvre, par définition, que le territoire du District Fédéral, le Plan d'Occupation du Sol établi par l'Etat de Mexico utilisant, par ailleurs, une nomenclature différente de celle du D.D.F. Nous avons donc réalisé notre étude sur les secteurs des délégations concernées : secteur est de A. Obregon, secteur nord de Tlalpan et de Xochimilco, Coyoacán, Tláhuac, secteur est d'Iztapalapa et d'Ixtacalco (*Agrícola Pantitlán*).

Le principe de la méthode est résumé par le schéma ci-après :

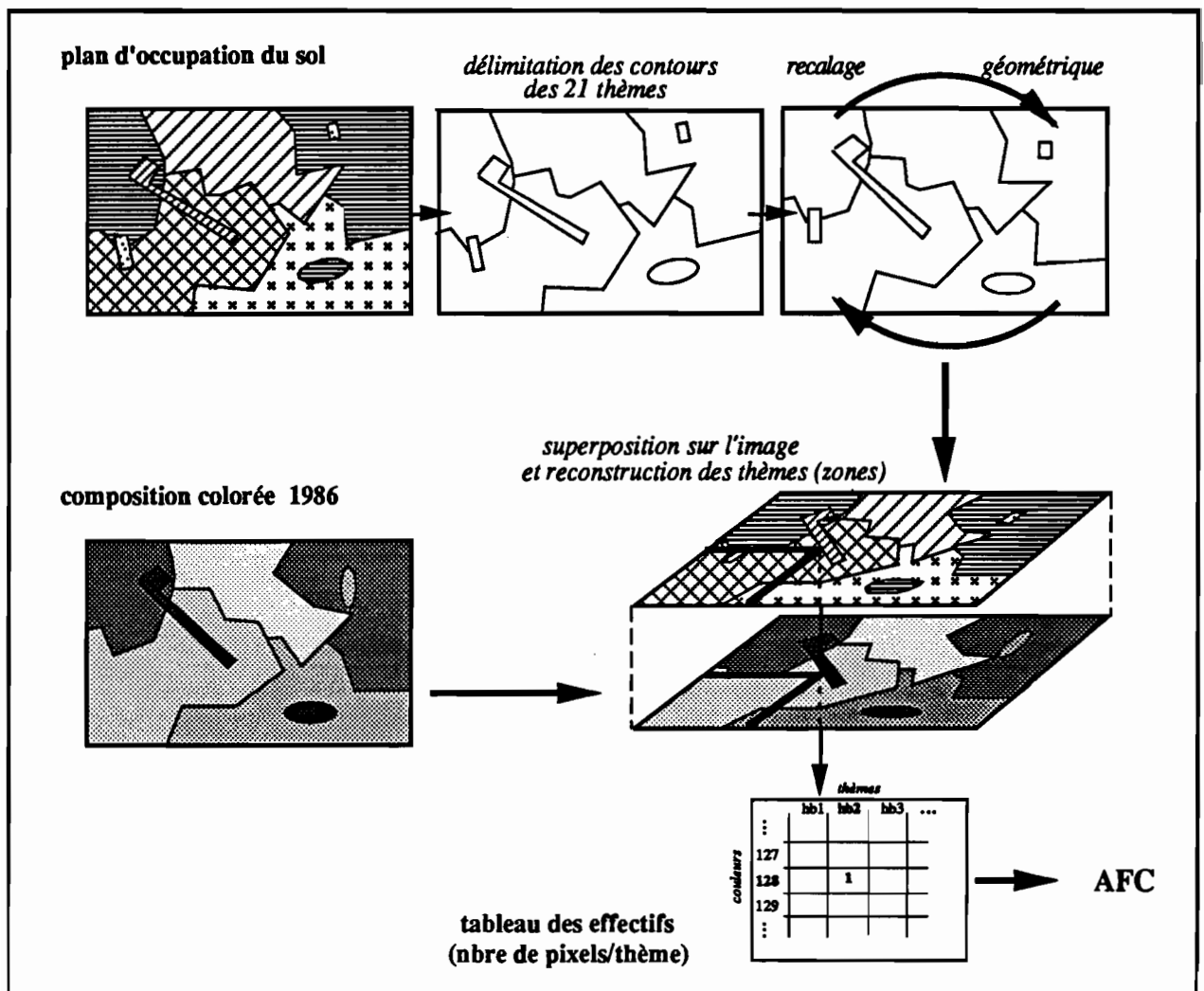


figure 96 : Superposition de l'information exogène issue du POS, à l'image SPOT ; schéma de principe.

Voyons maintenant quelles sont les grands thèmes d'occupation du sol qui apparaissent sur la composition colorée de 1986, et comment ils se caractérisent sur l'image.

## 1.2. Relations entre l'image et le Plan : aspects radiométriques

Nous avons effectué une première Analyse sur l'ensemble de l'image, dont nous avons extrait des caractéristiques générales. Mais nous verrons qu'il existe certaines disparités dans la correspondance des thèmes avec l'image, ce qui justifiera par la suite une étude plus locale, déléguée par déléguée (§ 1.4).

### 1.2.1. Caractères généraux

Remarquons d'emblée que certains thèmes ont une qualité de représentation par les sept premiers axes, assez médiocre. Il s'agit d'objets urbains assez particuliers, comme les cimetières (*citr*), les infrastructures (*infs*), les ZEDEC (*zac*)... d'aspect, sur l'image et le terrain, assez hétéroclite, et de poids statistique trop faible pour former une catégorie propre.

On constate que l'axe 1 permet une nette discrimination des thèmes typiquement urbains, des thèmes du milieu naturel ou pseudo-naturels. Si l'on prend en compte les thèmes à faible contribution mais bien expliqués par l'axe 1 (COR élevé), on obtient le regroupement des thèmes suivant<sup>1</sup> :

*thèmes :*

*urbains*

résidentiels à forte densité de population  
(*hb3, hb4, hb5*)  
zones industrielles et mixtes (*inds, hsi1, hsi2*)  
centres urbains (*cu*)  
protection et sécurité (*eqp*)



*naturels et pseudo-naturels*

résidentiels à faible densité de population  
(*hb1*)  
terres agricoles, parcs, forêts (*natu*)  
espaces verts (*vert*)

<sup>1</sup> Le nom des variables figure entre parenthèses.

Il est intéressant de remarquer que les quartiers résidentiels à faible densité démographique (inférieure à 50 hab./ha sur des lots-types de 1000 m<sup>2</sup>) sont regroupés avec les zones naturelles et les espaces verts, de par la dispersion du bâti et la prédominance des jardins à couvert végétal, quel que soit leur entretien en saison sèche. Une densité plus forte (de 50 à 100 hab./ha) se traduit par une position intermédiaire sur l'axe 1, et les densités supérieures à 100 hab./ha (lots-types inférieurs à 250 m<sup>2</sup>, et habitat collectif) constituent ici les quartiers les plus fortement urbanisés.

Nous retrouvons dans cette Analyse les différentes couleurs dont nous avons vu ci-dessus les diverses associations, selon qu'elles représentent le domaine urbain ou le milieu naturel. La précision de l'analyse est ici plus grande :

- les quartiers résidentiels à forte densité apparaissent plutôt avec des couleurs sombres sur l'image, tandis que les quartiers mixtes (résidentiels-industriels-service) se caractérisent par des couleurs dont la clarté croît avec le renforcement de la densité de bâti industriel ;
- les zones naturelles se présentent globalement avec des couleurs plus sombres que les espaces verts et les installations sportives, comme la première Analyse nous l'a déjà montré (composition colorée par région).

L'axe 2 met précisément en évidence les différences entre le milieu naturel authentique et les surfaces pseudo-naturelles, en particulier les terrains de sport, en fonction de leur état en saison sèche. Certains terrains de sport (notamment de golf et de foot-ball) sont artificiellement arrosés en saison sèche, alors que les milieux naturels présents dans les délégations du D.F. n'incluent pas de parcelles agricoles irriguées ou arrosées. Les fortes réponses radiométriques dans le canal 3 de SPOT, couleurs rouges vifs sur la composition colorée, permettent donc de distinguer ce thème des autres types d'occupation du sol.

Le croisement de l'axe 1 avec l'axe 3 détermine un plan qui amplifie la dispersion des quartiers bâtis, selon leur densité et leur thème. Ce plan met ainsi en évidence une hiérarchie dans

l'intensité d'urbanisation, que l'on peut résumer comme ci-après (en incluant les fortes corrélations) :

hb1 → hb2 → hb3 → hb4 → hsi1 → cu → hsi2 → eqp → ind → infs → eqa

c'est-à-dire :

résidentiel dispersé... → ...dense... → zone industrielle → équipements

ce qui, en terme de couleurs, peut s'écrire :

rouges vifs... → ...sombres → mauves → bleus → blancs

En effet, l'axe 3 prend davantage en compte la présence de la végétation active dans les quartiers à faible densité d'occupants, et l'absence de cette végétation dans les espaces "verts" dégradés. Cette caractéristique met en évidence des disparités au sein des différents thèmes étudiés : un même thème peut en effet se caractériser de diverses manières selon sa localisation dans l'image...

La visualisation du seul thème des espaces verts (composition colorée masquée) apporte un exemple convaincant ; leur localisation permet de distinguer trois types d'espaces verts caractérisés chacun par des couleurs dominantes différentes :

- à l'ouest et au sud (les secteurs "riches" des délégations A. Obregon, Tlalpan nord, Xochimilco nord, Coyoacán ouest...), dont les couleurs correspondantes sont dominées par des rouges plus ou moins sombres qui dénotent la présence de végétation entretenue, en particulier arborée ;
- au nord-est, délégations d'Iztapalapa et Ixtacalco, caractérisées sur l'image par des couleurs claires : blanc, verts, mauves... qui traduisent l'absence de végétation sur des sols clairs ;
- entre ces deux secteurs (Coyoacán est, Iztapalapa sud-ouest), les espaces verts apparaissent avec des teintes roses et oranges dont la composante rouge diluée rappelle la présence d'une végétation rare et sèche en mars.

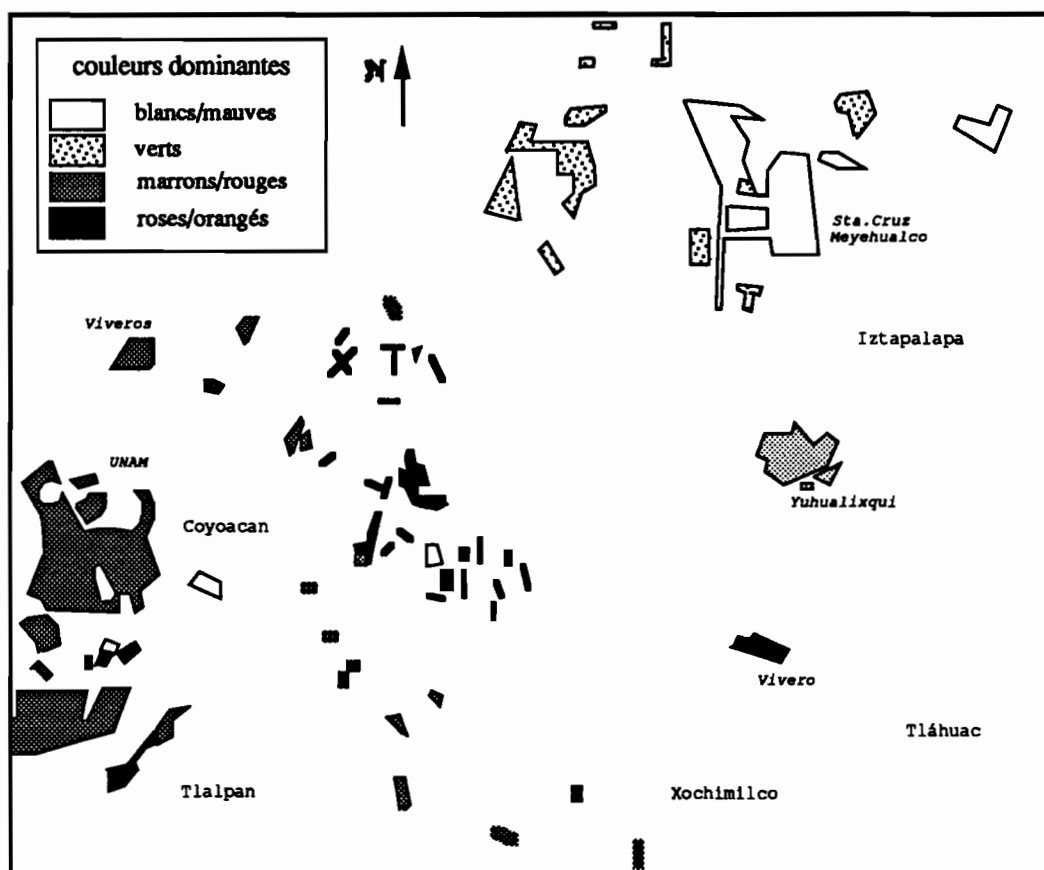


figure 97 : Caractéristiques de couleurs des espaces verts sur l'image, en fonction de leur localisation.

Ces différences de correspondance entre les thèmes et les couleurs engendrent des risques d'erreur lors de l'interprétation de l'image. Nous avons donc réalisé une étude des correspondances locales.

### 1.2.2. Caractères locaux

L'étude locale a nécessité une analyse factorielle pour chaque délégation, puis une synthèse des résultats à l'aide des séquences de couleurs. Cette représentation reprend les principales couleurs ordonnées en lignes et colonnes selon leur composition, c'est-à-dire selon leur numéro (voir § 1.3.5, chapitre 7). Sur le Carré résultant, on a délimité les associations de couleurs mises en évidence par l'A.F.C. pour les principaux thèmes (fortes contributions et cosinus carrés élevés sur les axes 1 et 2).

On remarque alors nettement que les thèmes se localisent différemment dans le Carré des séquences, selon les secteurs de l'image étudiés.

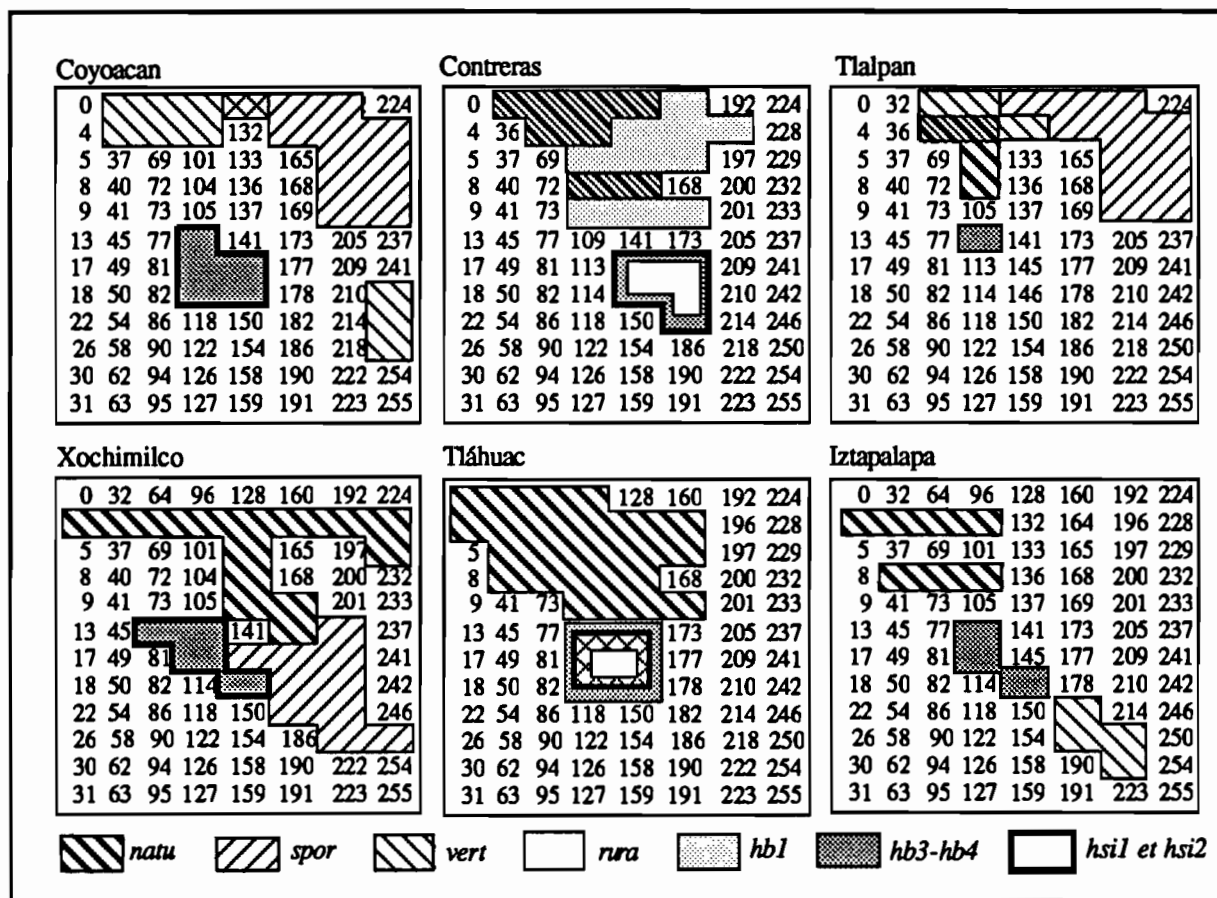


figure 98 : Carré des séquences de couleurs : différences de correspondance avec les principaux thèmes d'occupation du sol, selon la localisation.

Par exemple, les couleurs correspondant aux terrains de sport apparaissent plus claires à Xochimilco et Tláhuac (centre et quart inférieur droit du Carré), qu'à Coyoacán et Tlalpan (quart supérieur droit). On retrouve également les différences signalées ci-dessus concernant les espaces verts, en particulier les deux types observés à Coyoacán (est : quart inférieur droit, ouest : quart supérieur gauche)...

On remarque au contraire des superpositions de thèmes différents dans un même secteur ; le cas est particulièrement net dans le secteur de Tláhuac, où les quartiers de densités moyennes et fortes, sont décrits par les mêmes couleurs que celles correspondant aux zones naturelles, espaces verts, terrains de sport et villages ruraux... (centre du Carré). On notera cependant une



certaine invariabilité des couleurs représentant les secteurs urbains denses, auxquels sont associés les *pueblos*<sup>1</sup>. Ce caractère traduit la monotonie des zones urbaines, telles qu'elles apparaissent sur l'image, par rapport à une plus grande diversité des milieux naturels.

Si les thèmes s'expriment par des couleurs qui peuvent changer selon les secteurs de l'agglomération, il demeure certaines constances de structures que les Analyses permettent de mettre en évidence. On relève ainsi<sup>2</sup> :

- la distinction et l'opposition systématique du thème du milieu naturel (variable *natu*) par rapport à l'ensemble des autres thèmes ; cette opposition-force apparaît prioritairement avec l'axe 1 des A.F.C. ;
- la distinction et l'opposition des thèmes urbains aux thèmes pseudo-naturels, en fonction de la densité urbaine qu'ils impliquent ; ainsi, les quartiers résidentiels de moyenne et forte densités (*hb3*, *hb4*, *hb5*) se regroupent et s'opposent aux zones non bâties, mais intra-urbaines : espaces verts (*vert*) et terrains de sports (*spor*) ; cette structure apparaît sur les axes 2 ;
- l'association des thèmes de faible densité urbaine (*hb1*, *hb2*) avec les thèmes pseudo-naturels ;
- le regroupement assez distendu des quartiers d'activités (*ind*, *cu*) et mixtes résidentiels/d'activités (*hsi1*, *hsi2*), avec les quartiers d'urbanisation dense, par les deux premiers axes, mais leur discrimination par les axes 3 et 4 ;
- la situation intermédiaire des centres urbains et *pueblos* (*cu*, *rura*) entre les secteurs fortement urbanisés et les thèmes pseudo-naturels, notamment les espaces verts, ou leur regroupement avec des thèmes différents selon les axes (axes 2 à 5) ; cette versatilité est due à l'ambiguïté de leur aspect qui intègre souvent éléments bâtis denses et végétation ;
- l'absence de relations bien déterminées des thèmes d'équipement (*eqs*, *eqa*, *eqp*, *comm*, *citr*, *infs*) avec les autres thèmes, même typiquement urbains, et l'existence d'axes décrivant ces

<sup>1</sup> La dualité des villages ruraux se traduit dans l'A.F.C. par leur association avec les thèmes urbains denses sur les deux premiers axes, mais leur regroupement avec les secteurs naturels ou urbains moins denses par les axes 3 et 4.

<sup>2</sup> ...dans la mesure, évidemment, où les variables mentionnées ci-après ont une représentation statistique suffisante...

équipements (axes 6 et 7) ; l'absence de relations stables est due à la variété des apparences revêtues par les équipements, selon leur conception propre et leur contexte ;

- le remplacement de l'opposition milieu naturel/milieu urbain, par l'opposition urbain dense/pseudo-naturel en axe 1, dans le cas d'une absence d'information sur le milieu naturel (Coyoacán).

On remarquera que les invariabilités observées dans les structures des données locales se retrouvent, pour l'essentiel, dans les structures produites par l'Analyse générale.

Nous allons maintenant mettre en évidence certaines relations entre les thèmes d'occupation du sol, et les aspects texturaux de l'image.

### **1.3. Relations entre l'image et le Plan : aspects texturaux**

Nous avons appliqué la même démarche de superposition du Plan à l'image de télédétection, les données radiométriques étant remplacées, ici, par l'image des textures que nous connaissons déjà : celle établie à partir de l'entropie calculée sur la composition colorée.

Le plan factoriel 1-2 fournit l'essentiel de l'information intéressante, à l'instar de l'Analyse des textures par région (§ 2.2, chapitre 7). L'interprétation ne présente pas de difficulté, et il est désormais possible de confirmer les observations déjà émises en reliant l'information texturale à un type d'occupation du sol issu d'une nomenclature précise :

- les milieux naturels se traduisent sur l'image par des surfaces assez homogènes (valeur d'entropie faible) ;
- les quartiers résidentiels de faible densité correspondent au contraire aux textures les plus irrégulières, dues à l'alternance fréquente du bâti et des jardins ;
- les quartiers densément urbanisés ressortent avec des textures intermédiaires ;
- les zones industrielles et les zones mixtes laissent apparaître leur diversité en induisant sur l'image une texture plus grossière que les quartiers résidentiels denses purs.

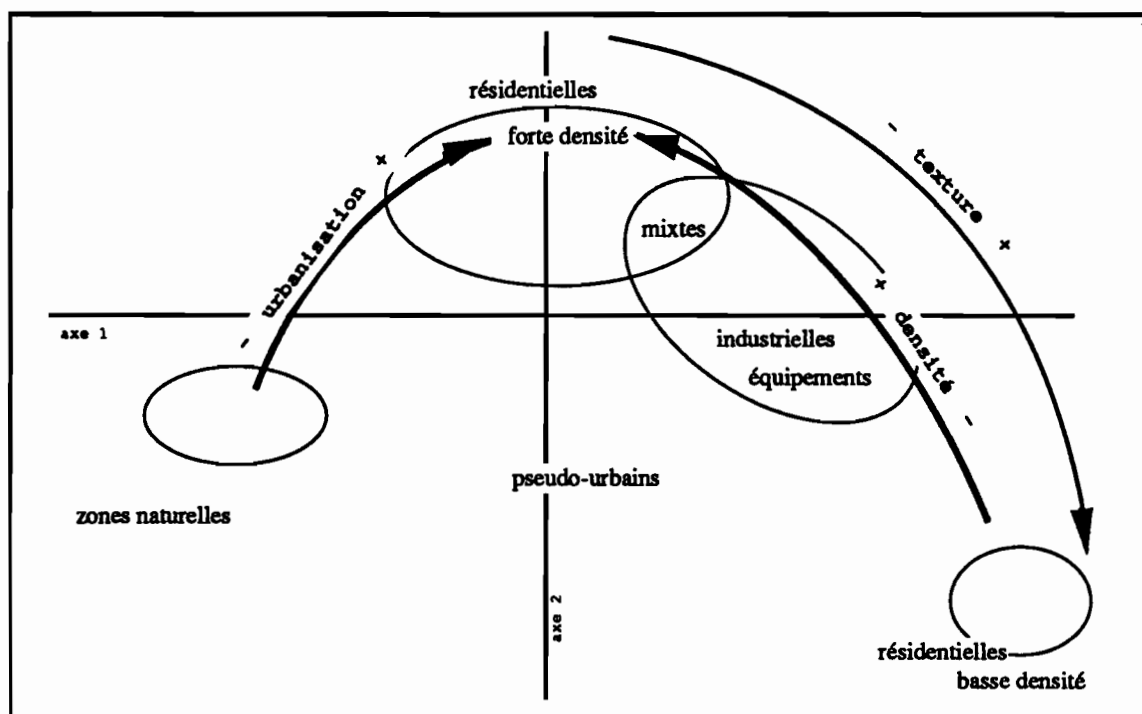


figure 99 : Relations entre les thèmes d'occupation du sol et la texture d'image ; plan 1-2 de l'analyse factorielle.

La figure 99 ci-dessus résume le plan factoriel 1-2. Ce schéma nous aide à confirmer l'hypothèse selon laquelle il existe une relation entre la taille des objets au sol et les caractéristiques texturales des secteurs de l'image correspondant à ces objets :



Voyons maintenant, de manière succincte, les principaux caractères des délégations étudiées, et la manière dont les différents thèmes sont exprimés par les secteurs de l'image.

#### 1.4. L'expression du P.O.S. par l'image selon les délégations

Nous présenterons ci-après les résultats des six A.F.C. réalisées séparément pour chacune des délégations :

- **Coyoacán** : l'analyse par l'occupation du sol confirme la présence de secteurs résidentiels à basse densité de population (centre de Coyoacán), caractérisés sur l'image par la présence de rouges qui permettent donc de préciser le type de paysage : habitat dispersé au milieu de jardins. Les terrains de sport (notamment campus de l'UNAM et Country Club) sont davantage associés à une végétation entretenue, alors que nous avons déjà constaté l'existence d'espaces verts non végétalisés dans cette délégation (nord et sud de *San Francisco Culhuacan*, voir ci-dessus § 1.2).

Les zones d'industries et de services sont regroupées avec les secteurs à densités d'habitants moyennes et fortes, de même que les centres et les couloirs urbains (centre commercial Tasqueña...).

- **A. Obregon/M. Contreras** : le regroupement des secteurs à forte densité démographique avec ceux à faible densité s'explique par l'abondance de la végétation, aussi bien dans les villas que dans certaines cités de petits HLM (*U.H. Independencia*, voir plus loin § 2.2.1). Les quartiers résidentiels de densité intermédiaire (*hb3*) localisés ici dans les colonies *Vista Hermosa, Lomas de San Barabe, Torres del Potrero...* correspondent à des quartiers populaires établis autour du cerro del Judio, et constitués des classiques constructions en béton, de forme cubique. La profusion et le jeune âge de ce matériau, la dégradation du sol non stabilisé et l'absence de végétation expliquent une fois encore la présence de couleurs claires (V113, V114, V145, V146, V182...).

Les espaces verts publics et les zones naturelles sont ici bien distingués des quartiers à jardins privés, ces derniers étant mieux entretenus (arrosage plus abondant et régulier), et présentant davantage de pelouses que les lieux publics.

- **Tlalpan** : la présence du Club de Golf crée une forte opposition du thème *spor* aux autres thèmes, par la nature et la qualité de sa végétation. On remarque également que le thème des densités de population moyenne est ici associé à des couleurs plus sombres que dans la délégation précédente. Cette différence n'est pas liée au type d'urbanisation pavillonnaire populaire, mais à la présence du substrat rocheux d'origine volcanique (notamment Padierna,

voir plus loin § 2.2.5). Ce même sol explique qu'il n'y ait pas de véritable opposition entre ce type de quartier et la végétation, puisque celle-ci s'y développe spontanément en abondance.

Du point de vue des couleurs et de leurs associations, le centre historique de Tlalpan est fortement comparable à ce type de quartier récent, mais ce n'est pas tant la végétation qui diffère ici, que le type d'urbanisation... Seule une étude spécifique de la texture d'image pourrait peut-être différencier ces deux types d'occupation du sol, dans cette délégation.

- **Xochimilco** : la proximité de *spor* et de *ind* dans l'espace factoriel montre l'état de relative dégradation des terrains de sport par rapport à ceux de Coyoacán, par exemple. On remarque en revanche un milieu naturel bien portant, comportant des secteurs d'activité chlorophyllienne soutenue, comme le montre la gamme des rouges qui lui est associée par l'A.F.C. : c'est le secteur correspondant au domaine lacustre.

Les quartiers résidentiels à densité moyenne et forte (*hb3* et *hb4*) sont ici davantage associés à des couleurs plus sombres que celles rencontrées, par exemple, à M. Contreras. A Xochimilco, ces quartiers correspondent plutôt à des quartiers déjà anciens, alors que les récents sont de niveaux socio-économiques moyen et élevé, de densité moindre (*hb2*). Ces derniers sont donc caractérisés par des couleurs plus vives que les quartiers plus denses.

Nous verrons plus loin (§ 2.2.3) que ces quartiers assurent de nombreuses fonctions urbaines ; cette diversité apparaît dans l'Analyse par une contribution plus grande des individus correspondant aux centres de quartier (*cu*), aux équipements de services (*eqs*), de sports (*spor*) et de communication (*comm*), aux espaces verts (*vert*), aux industries et à la mixité résidence/industrie (*hsi2*)... les individus *cu*, *eqs* *hsi2* et *ind* présentant de fortes ressemblances d'aspect sur l'image.

- **Tláhuac** : les espaces verts et terrains de sport de cette délégation ressemblent davantage, sur la composition colorée, aux secteurs urbanisés (centre urbain, quartiers mixtes résidentiels et de services...) qu'aux secteurs du domaine naturel du lac ou de la sierra. Ces secteurs présentent globalement des couleurs moins vives que ceux de Xochimilco : noir, marrons, verts foncés et rouges éteints. Il s'agit en effet de secteurs où la végétation, à forte activité chlorophyllienne en particulier, est d'extension plus limitée, par manque d'eau (pentes de la sierra).

Les quartiers urbanisés sont de densité démographique moyenne (*hb3*), les densités extrêmes n'étant pas représentées (*hb1*, *hb5*). Ces quartiers ne se distinguent pas, par la couleur, des autres secteurs urbanisés. On remarque donc la difficulté de différencier les grands types d'occupation du sol dans ce secteur de l'image : cette difficulté est d'ailleurs matérialisée par la superposition de nombreux thèmes urbains dans le Carré des séquences (voir ci-dessus § 1.2.2, figure 98).

- **Iztapalapa** : nous avons déjà fait remarquer l'état de dégradation des espaces verts de cette délégation, aux couleurs presque saturées sur la composition colorée. Il convient également de signaler l'absence de végétation active et la présence du substrat rocheux noir dans les espaces naturels de ce secteur, qui se traduisent par des couleurs sombres (noir, bleu marine, verts foncés), différentes de celles des régions sud.

Comme à Tláhuac, les quartiers à faible densité démographique ne sont pas représentés dans ce secteur populaire de l'agglomération. Les quartiers de pavillons cubiques en béton, généralement représentés par le thème *hb3*, se caractérisent par les mêmes couleurs claires que dans les autres délégations. Aucune végétation ne les rend comparables à ceux de Coyoacán, par exemple.

Le tableau 17 de la page suivante présente les principales couleurs associées aux thèmes d'occupation du sol, en fonction du secteur géographique.

Ces précisions sur les différentes significations thématiques des couleurs, appellent la prudence dans l'interprétation approfondie de la composition colorée. Tenant compte de cette analyse, nous allons maintenant examiner les grands types de quartiers urbains.

## 2. Structures de l'image et quartiers urbains

Dans les deux chapitres précédents, nous avons vu les étapes qui ont mené au croisement des informations de couleur et de texture. Nous ne détaillerons pas ici les résultats intermédiaires

des A.F.C. et C.A.H. ; nous les intégrerons directement dans le résultat du croisement des deux classifications qui nous conduiront à proposer une typologie des secteurs urbains en fonction des formes d'occupation du sol.

## 2.1. Structures de l'image urbaine

Quelques mots préalables concernant les quatre étapes d'analyse des données sont nécessaires avant l'exposé des résultats. Evoquons-les succinctement.

*tableau 17 : Les thèmes d'occupation du sol d'après les couleurs, par délégations.*

thème	Coyoacán	Obregon/ Contreras	Tlalpan	Xochimilco	Tláhuac	Iztapalapa
hb1		(132,137,105, 169,196,164)				
hb2						
hb3	109,113, 146,114	145,146, 182,177,141	109	109,113,146	141,109,145 (114,113)	109,113,146
hb4	109,113, 146,114			109,113,146		
hb5						114,113,109
hsi1	109,113, 146,114				141,109,145 (114,113)	
cu					141,109,145 (114,113)	
eqs						
eqa						
spor	169,205,229, 196,168,164		128,160,164, 197,233,228	209,214,218, 205,250		
eqp						114,113,109
citr					105,164,169 132,136,68	
comm						
ifs						
vert	96,128,32,74, 250,68,72		68,100,64, 32	177,64,104, 201		182,219,186
ind						
natu		104,100,68, 64,32,96	104,100,68	100,132,68, 36,132,73	105,164,169, 132,136,68	36,104,68,72, 40,4,100
rura		177,182,145, 146			141,109,145 (114,113)	
zac						
gris						
hsi2						

### 2.1.1. Classification des régions urbaines d'après la couleur

Une Analyse identique à celle réalisée pour les 51 régions a été lancée pour les 43 régions urbaines. Les résultats ne diffèrent que dans le détail de ceux obtenus par la première Analyse.

On remarque en particulier :

- l'axe 1 traduit, ici aussi, l'opposition surfaces claires blanches/surfaces colorées et sombres. Les axes 2 et 3 mettent en évidence la distinction entre les surfaces constituées de végétation et celles constituées de minéraux clairs (axe 2) ou sombres (axe 3). L'examen des facteurs 4 et 5 montre leurs grandes ressemblances avec les trois premiers axes ; l'axe 4 oppose surtout des couleurs qui correspondent à des qualités de végétation différentes : végétation à forte activité chlorophyllienne opposée à une végétation spontanée moins dense et plus sèche ; l'axe 5 oppose les couleurs claires entre elles, représentées par les zones 1 et 2, correspondant aux secteurs urbanisés sur sol clair, mais à densités faible et moyenne respectivement.

- les trois sous-nuages sont conservés, bien que de proportions différentes : le second sous-nuage semble prendre davantage d'extension par rapport au troisième.

- les couleurs et les régions conservent leurs emplacements respectifs sur les axes factoriels. Les variables et les individus à forte contribution dans l'Analyse des 51 régions se retrouvent en partie dans l'Analyse des 43 régions. On note toutefois un affaiblissement du rôle des couleurs sombres, corrélativement à une baisse de leur poids statistique.

- de par l'élimination des secteurs appartenant au milieu naturel, la région R32 prend une importance particulière, puisque ici seul secteur constitué de rouges vifs. Cette nouvelle structure entraîne le "glissement" de certaines régions vers des coordonnées plus basses sur l'axe 2.

Les régions ont été regroupées par une Classification Ascendante Hiérarchique.



La partition de la population des 43 régions selon les coordonnées factorielles, laisse apparaître quatre classes. Toutefois, trois d'entre elles concernent des éléments très particuliers, et 37 régions sont regroupées dans une seule classe. Nous avons donc choisi la partition suivante qui divise en deux le bloc des 37 éléments. Les cinq classes regroupent respectivement les secteurs d'image suivants :

*tableau 18 : Répartition des 43 régions urbaines selon les cinq classes de couleur - image de 1986.*

• classe 1	a)	R5, R34, R8, R33, R12, R13, R28, R21, R31, R29, R24, R14, R7,
	b)	R30, R22, R20, R18, R23, R25, R48, R27, R38, R26 ;
• classe 2		R32
• classe 3		R3, R4 ;
• classe 4	a)	R19, R35, R51, R39, R37, R10, R11, R6,
	b)	R17, R36, R43, R9, R16, R15 ;
• classe 5		R2, R50, R1.

On remarque certaines analogies avec la partition en 6 classes issue des 51 régions : la classe 5 rappelle la classe 6, la classe 3 : la 5, la classe 2 : la 1... ce qui s'explique par la grande particularité de ces éléments. Ces classes très stables correspondent aux extrémités des sous-nuages de nos espaces factoriels. Au contraire, à proximité du Noyau, il règne une certaine confusion : les sous-classes 4a et 1a se répartissent de manière assez nette entre les classes 3a et 4a...

On a réalisé une classification des couleurs à partir de la même Analyse, afin de caractériser les classes de régions par des groupes de couleurs. Cette double démarche donne les correspondances suivantes :

*tableau 19 : Correspondances des classes de régions avec les principales couleurs.*

<i>classes de régions</i>	<i>couleurs associées<sup>1</sup> (classes des couleurs)</i>
classe 1 :	V73, V77, V105, V109, V113, V141, V173... (classes 4b et 5) ;
classe 2 :	V100, V132, V137, V169... (classe 4a) ;
classe 3 :	V114, V145, V146, V150... (classe 2) ;
classe 4 :	V145, V177, V178, V209, V214... (classe 3) ;
classe 5 :	V182, V186, V187, 191, V218, V219, V223, V255... (classe 1).

<sup>1</sup> Uniquement couleurs à forte contribution ou à cosinus carré (COR) élevé.

Voyons maintenant les résultats du traitement de l'information sur la texture.

### 2.1.2. Classification des régions urbaines d'après la texture

L'entropie a également servi d'indicateur de texture sur les régions urbaines. L'espace factoriel résultant montre une forme et une disposition du nuage très semblables à celles obtenues à partir des 51 régions : essentiellement opposition des textures fortes (R32) aux textures fines (R12, R13, R14), ces derniers secteurs émergeant ici comme les plus homogènes. L'ensemble des points intermédiaires subit entre les deux A.F.C. un glissement vers la droite, ce qui s'explique précisément par l'élimination des secteurs à textures les plus fines, localisés dans cette partie du plan 1-2 et jouant alors le rôle de "maximum d'homogénéité".

Selon leurs coordonnées factorielles, les régions se regroupent en 4 classes :

*tableau 20 : Répartition des 43 régions urbaines dans les quatre classes de texture - image de 1986.*

• classe 1		R32 ;
• classe 2	a)	R15, R23, R7, R34, R9, R17, R26, R25, R29, R27,
	b)	R21, R24, R31, R35, R30, R16, R48, R10, R43, R19 ;
• classe 3	a)	R12, R13, R14,
	b)	R8, R33, R22, R28, R18, R51 ;
• classe 4		R4, R50, R20, R39, R3, R11, R2, R36, R5, R6, R38, R37, R1.

L'homogénéité décroît de la classe 3a, caractérisée par un nombre relativement important de pixels traduisant une entropie nulle ou proche de zéro, à la classe 1, en passant successivement par la 3b, la 4, la 2b et la 2a.

En termes de localisation dans les espaces factoriels, les classes correspondent à celles issues des 51 régions, de la manière suivante :

classification selon 43 régions :	1	2a	2b	3a	3b	4
équivalence selon 51 régions :	1	2a	2b	3	4a	4b

En termes de population, les classes sont constituées de la même manière avec, toutefois, quelques confusions entre les classes 3 et 4 et entre les sous-classes 2a et 2b (voir listes des deux classifications).

Les résultats de ces quatre opérations ayant été présentés, nous allons maintenant voir quelles informations géographiques ils contiennent.

## 2.2. Les grands types de quartiers urbains

Nous croiserons tout d'abord nos deux classifications, et nous tenterons d'élaborer une typologie des quartiers urbains d'après l'image, à partir du tableau résultant.

La réorganisation des colonnes par homogénéité décroissante, et des lignes par importance de la végétation décroissante associée à une clarté d'image croissante, nous donne le tableau ci-après :

*tableau 21 : Distribution des 43 régions de l'image urbaine selon le croisement des deux classifications.*

	ct3a	ct3b	ct4	ct2b	ct2a	ct1
cc2						R32
cc1b		R22, R18	R20, R38	R30, R48	R23, R25, R27, R26	
cc1a	R12, R13, R14	R8, R33, R28	R5	R31, R21, R24	R29, R34, R7	
cc4b			R36	R43, R16	R17, R9, R15	
cc4a		R51	R39, R37, R11, R6	R19, R35, R10		
cc3			R3, R4			
cc5			R2, R1, R50			

*avec cc = classe de couleur, ct = classe de texture*

Les correspondances thématiques sont présentées dans le tableau de la page suivante (tableau 22). Selon ce croisement, il ressort six grands types de quartiers : les quartiers-jardins résidentiels de luxe, les quartiers pavillonnaires de type populaire, les quartiers multifonctions,

tableau 22 : Typologie des quartiers, d'après le croisement des classifications de l'image.

	ct3a	ct3b	ct4	ct2b	ct2a	ct1
cc2						quartier-jardin à espaces verts privés entretenus (arrosage en saison sèche), à bâti dispersé de luxe, essentiellement individuel
cc1b		urbanisation de densité moyenne à dense sur sol noir lacustre, ancienne ou récente périphérique ; végétation arborée et herbacée	pueblo, présence de végétation surtout arborée, ou urbanisation occulte sur sol noir et végétation	urbanisation dispersée sur sol noir basaltique, ancienne ou récente ; pueblo végétation arborée et herbacée	quartiers multifonctions du sud à l'urbanisme diversifié et varié : habitat collectif et individuel, secteurs de services et d'équipements, jardins entretenus, secteurs arborés	
cc1a	périphéries en croissance secteur de disparition de la végétation et de dégradation du sol sombre, à la suite d'activités urbaines et pseudo-urbaines, urbanisation occulte	quartiers urbains denses consolidés, à vocation d'habitat populaire de style pavillonnaire uniforme, généralisation du béton, absence ou rareté de la végétation		quartiers en cours d'urbanisation présence de chantiers ou/et de grand bâti ; végétation dispersée	quartier composite à vocation industrielle et/ou d'habitation ; absence ou rareté de la végétation	
cc4b			urbanisation occulte mâtinée de végétation secteur de contact sol salin/sol noir à divers stades de dégradation ; petit bâti précaire dispersé ou par "paquets" distants	urbanisation en cours ou pseudo-urbanisation	urbanisation récente ou en cours, îlots en construction ou en consolidation, présence de végétation sous forme herbacée	
cc4a		pseudo-urbanisation sur sol clair		zones industrielles en cours d'urbanisation sur sol clair présence de grand bâti et de chantiers ; cas d'urbanisation occulte		
cc3			urbanisme uniforme, habitat consolidé de type populaire, quartier exclusivement résidentiel à habitat pavillonnaire dense sur sol salin poussiéreux			
cc5			périphéries en croissance secteur de dégradation des sols salins à la suite d'activités urbaines et pseudo-urbaines, urbanisation occulte			

les quartiers industriels et de services, les périphéries en cours d'urbanisation et celles en création.

Nous allons les évoquer succinctement ; le lecteur pourra se reporter à la partie réservée à l'enquête terrain, où sont exposées plus en détail les caractéristiques urbanométriques\* et des illustrations photographiques sur les grands types de quartiers présentés ici. Le chapitre 13 est par ailleurs consacré aux relations existant entre les conclusions issues du traitement d'image, et les résultats produits par l'information de terrain.

### **2.2.1. Quartier-jardin des résidences de luxe**

Notre interprétation visuelle avait conduit à remarquer ce secteur très particulier de l'image (R32), dont la spécificité est nettement ressortie dans l'ensemble des analyses de données. Nous avons vu qu'à l'extrémité des trois axes des A.F.C. des couleurs, mais aussi de celle de la texture, se situe en effet une région isolée à laquelle sont associées les couleurs rouges et marron de la composition colorée. On trouve ici les seules surfaces du domaine urbain couvertes de végétation à forte activité chlorophyllienne en saison sèche.

Il s'agit des quartiers aisés à très aisés de San Jeronimo et de *Jardines del Pedregal*, au paysage très particulier, caractérisé par sa faible densité de construction, l'opulence de ses villas dispersées, les nombreux jardins entretenus, les pelouses arrosées et les espaces arborés (chapitre 4, § 6).

Cette forme de résidence n'exclut pas des formes d'habitat collectif, en particulier dans le quartier de San Jeronimo. Qu'il s'agisse de condominiums de luxe (*cerrada Eucaliptos*) ou d'ensembles de petits HLM (*Unidad Independencia*), le paysage est fortement marqué par la présence de la végétation tropicale, notamment arborée.

La qualité de l'habitat, visible sous cette forme sur l'image, implique la qualité des équipements et des services et l'achèvement urbanistique. La zone d'enquête Z20 correspond à cette région (voir § 3.1.3, chapitre 12).

### 2.2.2. Quartiers pavillonnaires de type populaire

Les caractères qui différencient les quartiers résidentiels populaires des quartiers résidentiels de luxe, concernent en particulier l'architecture et la densité des constructions, la structuration de l'espace urbain par un réseau de voirie généralement systématique, l'absence ou la rareté de la végétation, surtout strates herbacées et arbustives, l'absence ou la rareté de son entretien... Ces divers aspects sont décelables sur les images satellitaires, et les classifications ont regroupé les secteurs de l'image qui correspondent aux quartiers caractérisés par des éléments de bâti cubiques, serrés les uns contre les autres, tout de béton construits, et aux toits horizontaux dans leur très grande majorité. L'inter-bâti se limite ici à la voirie, aux passages et aux cours privés, généralement eux-mêmes bétonnés, et de surface très inférieure aux surfaces construites. Les quelques arbres dispersés se fauillent entre l'asphalte et le ciment.

Le croisement des classifications met en évidence les régions :

- R8, contour nord-ouest et ouest de la sierra Sta. Catarina, dont les lacunes du tissu bâti sont peut-être comblées par la nature du sol (pierre grise des piémonts, d'aspect grossièrement assimilable au béton) (zones d'enquête Z1 et Z11) ;
- R33, colonies *Pedregal Sto. Domingo, Pedregal Monserra, Pedregal Sta. Ursula*, également secteur résidentiel populaire, mais de niveau socio-économique plus élevé qu'Iztapalapa qui ne se traduit dans le type d'urbanisme que dans le détail (zone d'enquête Z25) ;
- R28, colonies *Tlalcoligia, Pedregal Las Aguilas, Santissima Trinidad*, banlieue populaire achevée (zones d'enquête Z21 et Z23) ;
- R5, colonie *Metropolitana* à Nezahualcóyotl, quartier résidentiel typique des colonies populaires consolidées où règne le béton.

Dans un autre poste de notre tableau de croisement, on remarque également les régions R3 et R4, qui regroupent le reste de la zone urbanisée de Nezahualcóyotl, d'urbanisme populaire consolidé, mais de densité de construction plus relâchée, en particulier vers l'est. La forte extension spatiale de ces régions est le symbole du gigantisme démographique et urbain, et l'uniformité grise, le symbole de la pauvreté de masse.

Leur position dans le tableau rappelle la caractéristique qui les distingue des secteurs présentés ci-dessus : la présence d'un inter-bâti poussiéreux d'origine saline, non stabilisé. Les caractères urbains de cette région sont, quant à eux, identiques à ceux évoqués dans ce paragraphe (voir zone d'enquête Z4, et les caractères mis en évidence par l'enquête au chapitre 12, § 3.3).

### 2.2.3. Quartiers multifonctions

La partie sud de l'image présente des caractères d'hétérogénéité assez marqués ; la complexité des tissus urbains correspondants se remarque par la position dans le tableau des régions concernées : couleurs comparables à celles des secteurs d'urbanisation dense, mais texture plus chaotique, proche de celle caractérisant les quartiers-jardins.

Cette hétérogénéité est due à l'association de formes d'urbanisme très différentes dans un petit espace. On trouve en effet à Tlalpan et Xochimilco, côte à côte et très localisés : complexes industriels ou de services, habitat collectif, habitat pavillonnaire, terrains vagues, infrastructures, jardins publics et privés, immeubles... (voir chapitre 12, § 3.3.2). La diversité montre que ces quartiers ne sont pas voués à une seule fonction, par exemple : résidentiel (*Jardines del Pedregal*, *Nezahualcóyotl*...), services et administration (Centre), industriel (*Los Olivos*)... mais au contraire, abritent des activités et jouent des rôles très diversifiés.

Ces variations de paysages sont renforcées par des associations d'urbanisme d'âges, et donc de styles, différents. Les quartiers anciens, parfois historiques, villages autrefois séparés par des champs, ont été peu à peu reliés par des vagues d'urbanisation successives. Les étapes de développement ont comblé les interstices, en apportant leur style d'époque et des conceptions diversifiées, liées à la fonctionnalité du quartier.

A cela s'ajoute la position de ces quartiers par rapport au relief et aux sols : les conditions pédologiques sont très favorables au développement d'une végétation abondante. Son maintien et son entretien sont en outre assurés par le niveau socio-économique élevé des habitants en mesure de consacrer une partie de leur budget à des jardins. On notera d'ailleurs que la distribution socio-économique des habitants montre également de forts contrastes : rues

"pauvres" et résidences aisées se cotoient sur quelques mètres, chacun développant son urbanisme...

Les régions R23 (zone d'enquête Z24), R25, R26 (Z22) et R27 appartiennent à ce type d'urbanisation.

#### 2.2.4. Quartiers industriels et de services

La présence de végétation maintient les quartiers multifonctions en haut du tableau 22 ci-dessus. Immédiatement en dessous, c'est-à-dire ayant des caractères texturaux identiques, mais des caractères de couleurs quelque peu différents, se trouvent des régions caractérisées sur le terrain par la grande taille de leur bâti et infrastructures. La distinction de ces secteurs des régions précédentes est liée à l'absence ou rareté de la végétation active et, donc, aux éléments essentiellement d'origine minérale qui composent leur surface.

Ces structures d'image correspondent à des quartiers industriels aux établissements clairement visibles :

- quartier industriel en secteur d'urbanisation dense : R21 (*Los Olivos*) et R34, d'*Agricola Pantitlan* (zone d'enquête Z19), intégré à un espace résidentiel populaire, dont les caractéristiques rappellent celles des régions R5 ou R33, ce qui explique le partage de couleurs communes (même ligne du tableau) avec ces secteurs ;
- quartier industriel en secteur d'urbanisation partielle : R7 (zone d'enquête Z17, *La Paz*), dont les surfaces appartiennent au milieu naturel, éventuellement agricole, sur lesquelles persiste une végétation herbacée sèche ;
- quartier essentiellement d'habitation populaire mais qui abrite quelques établissements d'activités industrielles dispersés : R19 (colonies *Francisco Villa*, *Consejo Agrarista Mex.*, *Puente Blanco*...zone 9) ;
- quartier en cours de construction sur sol salin, de la colonie *Sta. Maria Aztahuacan* : R35 (zone Z2), où le substrat reste encore largement visible en 1986, mais où se constitue une nouvelle zone industrielle. Cette particularité explique la présence de R35 dans une ligne du tableau plus basse, proche des secteurs établis sur les anciens fonds lacustres du Texcoco.



### 2.2.5. Quartiers en cours d'urbanisation

Les deux derniers types de quartier concernent les secteurs qui n'ont pas encore atteint un stade d'urbanisation complète, mais dont une partie du territoire est déjà construite. Entre le quartier *en création* et le quartier *en cours de développement*, il n'existe guère de limite précise ; nous distinguerons cependant le type *en création* par le fait que son urbanisation n'est pas encore suffisante pour être observée directement sur la composition colorée. La méthode ne parvient d'ailleurs pas à les discriminer nettement : les deux types s'interpénètrent au centre du tableau. On remarquera en outre que la nature du sol visible modifie de manière déterminante l'apparence de quartiers pourtant d'urbanisation identique.

Les secteurs industriels évoqués ci-dessus, R19 et R35, peuvent également être considérés comme quartiers dont l'urbanisation se poursuit, développement possible sur les lots encore non bâtis. On remarque également :

- les régions R11 (zone d'enquête Z6), R9, R16 et R17, qui montrent sur l'image un changement net de couleurs, traduisant l'existence de surfaces construites avec une certaine densité locale ;
- la région R31 (zone Z15) de Padierna, dont le bâti se disperse sur les pentes de l'Ajusco, vers le sud, et la région R30 (zone Z14) ; l'urbanisation reste ici discrète sur les images satellitaires, de par la nature rocheuse du substrat : peu de poussière et peu de traces d'activités. La présence de végétation dans la région R30 explique sa position plus élevée dans le tableau par rapport à R31. Les secteurs R20 (pueblo San Gregorio Atlapulco) et R48 (pueblo Sta. Catarina Yecahuizotl) peuvent être rapprochés de R30, pour leur végétation et leurs conditions d'urbanisation comparables<sup>1</sup> ;
- la région R2 de Chimalhuacán (zone Z26), dont la densité urbaine est sous-estimée parce que développée sur des sols blancs poussiéreux ; sa situation est comparable à celles des régions R3 et R4, mais d'urbanisation moins avancée.

---

<sup>1</sup> Ces pueblos présentent une densité de bâti plus grande que la banlieue en cours d'urbanisation de Padierna, mais la présence de sols sombres dans ces quatre régions ne permet pas l'observation de la différence sur l'image.

### 2.2.6. Quartiers en création

L'information significative concerne ici le sol, et éventuellement la végétation, car le bâti de petite taille est très dispersé ; l'urbanisation occulte peut se deviner d'après la dégradation locale des sols. Ce type d'information peut être recueilli sur les sols meubles (sable, terre...) et plus difficilement sur les sols durs (roche). De tels phénomènes sont donc particulièrement visibles dans les périphéries orientales de l'agglomération :

- Chimalhuacán, région R1 (zone d'enquête Z3), dont nous avons décrit l'urbanisation occulte d'après la formation sur le sol d'une croûte superficielle (commentaire visuel) ;
- Chalco où l'on distingue deux catégories de régions :
  - les quartiers en création sur des sols qui laissent apparaître des éléments salins, à l'est, R36 (zone Z12), R37, R38, R39 et R10, dont les surfaces découpées semblent conserver l'ancienne organisation du parcellaire agricole et quelques traces de végétation (R38),
  - les quartiers R12, R13 et R14, sur les sols sombres de l'ouest, totalement dépourvus de végétation (zones Z7, Z18 et Z5), qui présentent des surfaces poussiéreuses plus uniformes ; le secteur R13, d'urbanisation plus avancée que R12 et R14 en 1986, peut être considéré comme appartenant à la catégorie ci-dessus : *en cours d'urbanisation* ;
- Iztapalapa et ses deux secteurs inoccupés : l'actuel *Unidad Habitacional Solidaridad* (région R50) et les alentours de *Renovación* (R51), qui ne sont pas l'objet d'une création de quartier en 1986, mais qui ressortent pour l'utilisation qui en est faite : lieu de passage, de dépôt... (pseudo-urbanisation).

L'ensemble de ces régions présente un urbanisme essentiellement précaire, matérialisé par de petites maisons ou cabanes, dont nous verrons les caractéristiques dans le chapitre 12, § 3.2, consacré à l'exploitation de l'information de terrain.

La méthode de croisement des classifications appliquée à l'image urbaine nous a donc permis de distinguer et de décrire six grands types de quartiers. Résumons nos propos en replaçant les groupes de régions dans l'espace factoriel 1-2-3 des couleurs (figure 100, page suivante).

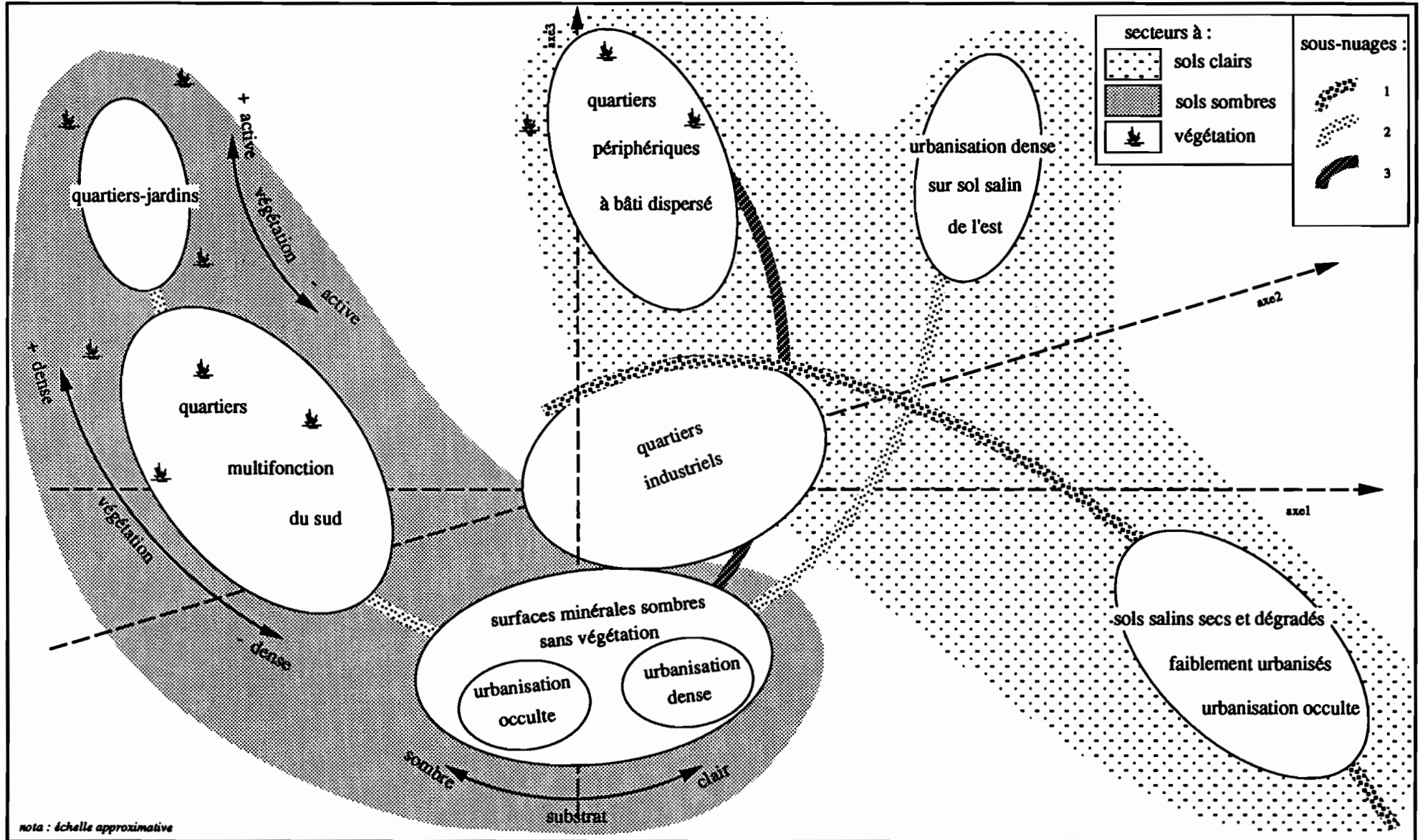


figure 100 : Les grands types d'urbanisation selon l'espace factoriel 1-2-3 des couleurs.

Reprenons également le tableau 22 issu du croisement des classifications, et localisons les types de quartiers que nous avons mis en évidence (figure 101)...

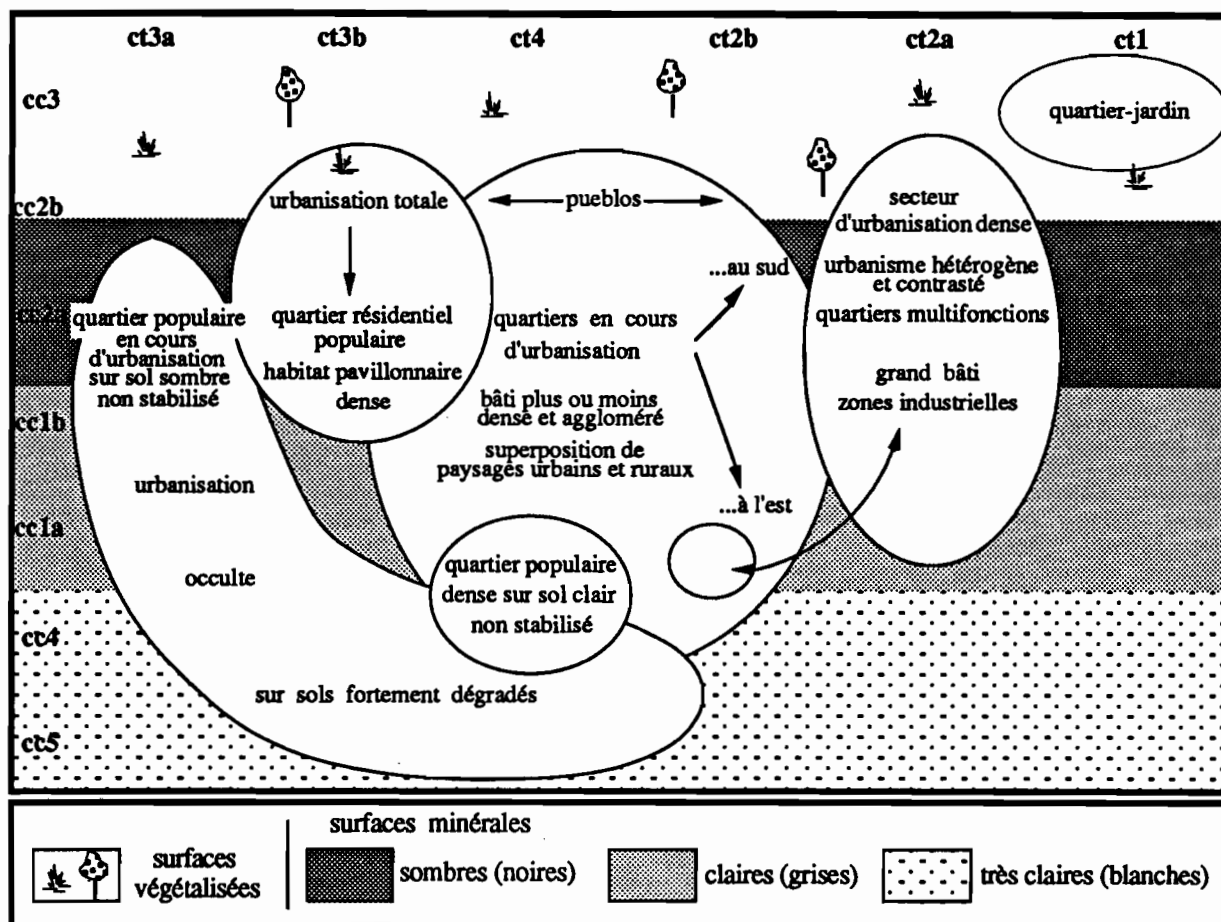


figure 101 : Les types d'urbanisation d'après le croisement des classifications.

Cette illustration suggère les trajectoires de certains secteurs, théâtres de développements urbains, dans l'espace constitué par les classifications. Ainsi, il est possible de mettre en évidence les étapes représentées par la figure 102 ci-dessous dont on remarque les principales composantes :

- un secteur rural donné est caractérisé par la nature de son sol, en particulier sa clarté, et l'état de la végétation ; au départ, il se situe donc à gauche de la figure, plus ou moins haut placé, selon ces caractères ;
- l'intensification des activités liée à une concentration humaine raréfie la végétation et entraîne une modification du sol, et en particulier si celui-ci est clair et meuble ; ces symptômes sur l'image d'une urbanisation occulte (voir commentaire de la composition colorée) se traduisent

par le déplacement du secteur vers la droite de la figure, et vers un niveau plus bas que celui de départ dans les cas de sol en dégradation ;

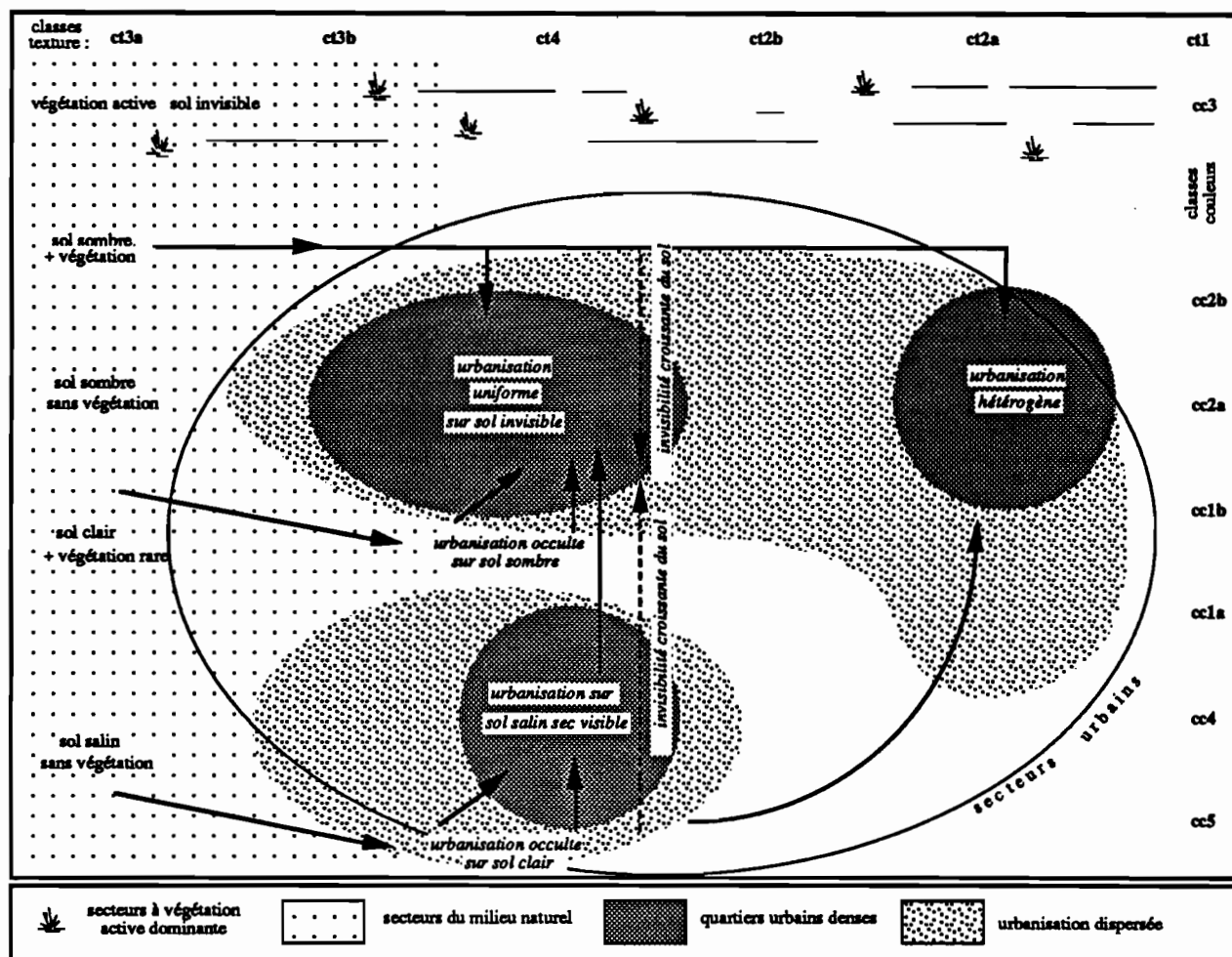


figure 102 : Mouvements des secteurs dans le tableau du croisement, selon leur évolution urbaine.

- l'urbanisation se densifiant, le sol disparaît peu à peu, remplacé à la vue par le béton de couleur pratiquement constante ; les quartiers convergent alors vers le groupe des secteurs densément et uniformément urbanisés, au centre de la figure ; le secteur se déplace donc :
  - vers le haut du schéma, s'il provient d'un secteur naturel à sol clair,
  - vers le bas, s'il provient d'un secteur naturel à sol sombre ;
- les quartiers issus d'un sol clair et meuble passent donc par une phase de transition où, bien que dense, le bâti n'a pas totalement couvert le sol, et l'inter-bâti est encore insuffisamment

consolidé (cas de Nezahualcóyotl situé dans la figure entre l'urbanisation occulte sur sol salin sec et l'urbanisation dense uniforme) ;

- notre échantillon fournit au moins deux exemples de phase transitoire vers une urbanisation hétérogène : R19 et R35 ; la partition des espaces factoriels les a toutefois séparés de la classe de couleur 5, et le réagencement des lignes du tableau a aggravé cette séparation ; la mise en évidence graphique de ces cas est donc difficile.



Au cours de cette étape de notre travail, nous avons réalisé une typologie des régions urbaines représentées sur l'image, selon la méthode du croisement des classes de couleur et de texture présentée dans le chapitre précédent. Six grands types de quartiers nous sont apparus : quartiers de résidences de luxe, ceux d'habitat pavillonnaire de type populaire, secteurs à tissu hétérogène, quartiers industriels, banlieues en cours d'urbanisation et celles en création. Nous avons relié chacune de ces classes aux caractères qui les décrivent sur l'image ; nous avons replacé les différents types d'urbanisation selon leurs critères respectifs de télédétection. Nous avons fait un certain nombre de constatations, par exemple : la plus grande ressemblance, en termes de couleurs et de texture, des quartiers denses pour les milieux naturels, que pour les secteurs périphériques en cours de d'urbanisation.

L'apport d'informations exogènes extraites du Plan d'occupation du sol du District Fédéral a rendu possible une connaissance urbaine plus approfondie de ces quartiers. L'étude a requis la superposition du Plan aux données satellitaires. Cette opération a permis de mettre en évidence des relations entre certains caractères de l'image et les grands modes d'occupation du sol identifiés par le Plan ; nous avons même confirmé les liens qui existent entre certaines formes d'urbanisation et les conditions socio-économiques des habitants.

Nous avons également vu que ces caractères varient selon le secteur observé, notamment en ce qui concerne les espaces verts ou la nature du sol sur lequel se développent les quartiers. La prise en compte du contexte de l'observation (pédologique, hydrologique, urbanistique, socio-économique...) est donc nécessaire tout au long de l'analyse pour une interprétation correcte de l'image.

La localisation des régions dans le tableau de croisement a également permis de reconstituer, à partir d'une seule image, l'itinéraire que les quartiers pourraient suivre dans l'espace couleur/texture, au fur et à mesure de leur développement urbain, en fonction du contexte géographique initial et de la spécialisation du mode d'occupation du sol. Ces schémas d'évolution permettent de dresser un certain nombre d'hypothèses ou de filières de recherche pour les études diachroniques ultérieures (par exemple : assombrissement des couleurs pour un quartier en développement sur sol clair, éclaircissement pour un quartier sur sol sombre, uniformisation des couleurs avec la disparition du sol à la vue...).

L'ensemble de ces constatations nous a confirmé la nécessité d'une connaissance du milieu. Une information acquise directement sur le terrain constitue donc un apport irremplaçable.

## Conclusion de la 2ème partie

La seconde partie consacrée au traitement et à l'analyse de l'image SPOT multibande de mars 1986, a permis de montrer la richesse de l'information contenue dans la composition colorée issue de cette image. Nous avons en effet exploité ce type de données selon deux démarches différentes :

- la démarche visuelle, qui montre que la sophistication de ce type d'information n'écarte pas le géographe de sa démarche habituelle face à un document graphique : cartes ou photographies aériennes...

- la démarche statistique, qui permet d'établir des relations entre les secteurs de l'image et certains de ses caractères parmi lesquels nous avons retenu :

- la *couleur*, qui constitue, dans la composition colorée, une synthèse de l'information radiométrique, et qui est l'expression sur l'image des matériaux de surface présents au sol,

- la *texture*, qui intègre les caractères de dimensions de ces surfaces, et de leur organisation dans l'espace.

Nous avons vérifié que les structures mises en évidence sur la composition colorée, trouvent une correspondance avec celles établies à partir d'images de natures différentes (canaux bruts notamment).

Grâce à l'information de géographie générale présentée dans notre première partie, nous avons pu proposer une première interprétation de l'image, de ses secteurs et de ses caractères, et types de quartiers identifiés par les classifications. Nous avons ainsi établi des relations entre certaines couleurs de la composition colorée, et des thèmes précis ; des types d'urbanisation nous sont apparus reconnaissables sur l'image par des associations de couleurs typiques ; la diversité texturale contribue également à caractériser les types d'occupation du sol.

L'analyse de la composition colorée nous a également permis de constater l'importance des thèmes *a priori* non urbains qu'il est nécessaire de prendre en compte dans une analyse de



L'analyse de la composition colorée nous a également permis de constater l'importance des thèmes *a priori* non urbains qu'il est nécessaire de prendre en compte dans une analyse de géographie urbaine par télédétection. En effet, la nature et l'état du sol, la présence ou la proximité de l'eau, la nature et l'état de la végétation... sont autant de facteurs qui interviennent de façon déterminante dans le *paysage satellitaire* d'un secteur urbain, en particulier périphérique.

Nous avons remarqué que l'urbanisation n'est pas toujours visible directement sur l'image, notamment lorsque la densité du bâti est faible, mais qu'elle peut être déduite par l'observation de certaines de ses conséquences : disparition de la végétation, dégradation des sols, drainage... Les activités inhérentes à cette urbanisation entraînent en effet une modification de l'occupation du sol (disparition des cultures), et causent le plus souvent des dégâts à l'environnement, tels ceux observables dans les sols meubles de l'est. Dans certains cas, rares, l'urbanisation s'accompagne au contraire d'une amélioration écologique (plantations d'agrément). Une structuration de l'espace (réseau...) peut également laisser pressentir une *urbanisation occulte*.

La démarche statistique s'est prolongée par des classifications non dirigées intégrant l'information radiométrique et l'information texturale. Nous avons montré que la méthode la plus efficace permettant cette intégration, semble être le croisement des résultats de la classification des couleurs avec celle de la texture. Cette méthode nous a permis de discriminer 43 secteurs intéressant notre problématique.

De ces 43 secteurs urbains, nous avons ensuite montré que la télédétection permettait aisément de les regrouper en six grands types, du quartier densément et anciennement urbanisé, au quartier périphérique en création. Des cas particuliers ont été identifiés, comme le quartier-jardin ou la zone industrielle dispersée dans les champs. Nous avons donné une signification géographique à ces types de quartiers, en fonction des connaissances que les informations exogènes nous ont apportées jusqu'ici.

Cet enchaînement de traitements nous est apparu, par sa rigueur et sa cohérence, comme l'un des plus performants pour l'optimisation de l'information contenue dans une image urbaine, et pour l'exploitation de sa quantité et de sa diversité. Nous verrons en conclusion du chapitre 14 que l'on peut envisager l'étude d'une image selon cette chaîne de traitements à partir d'un découpage systématique de la scène (quadrats par exemple).

Toutefois, la caractérisation des régions développée ici est restée dans des termes globaux ; elle a limité la précision des descriptions, et des mesures directes sur le terrain ont été nécessaires pour compléter notre connaissance des paysages urbains, et pour approfondir l'interprétation de l'image.



Thèse de Doctorat  
de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales

préparée sous la direction de Mme Marie-Françoise COUREL

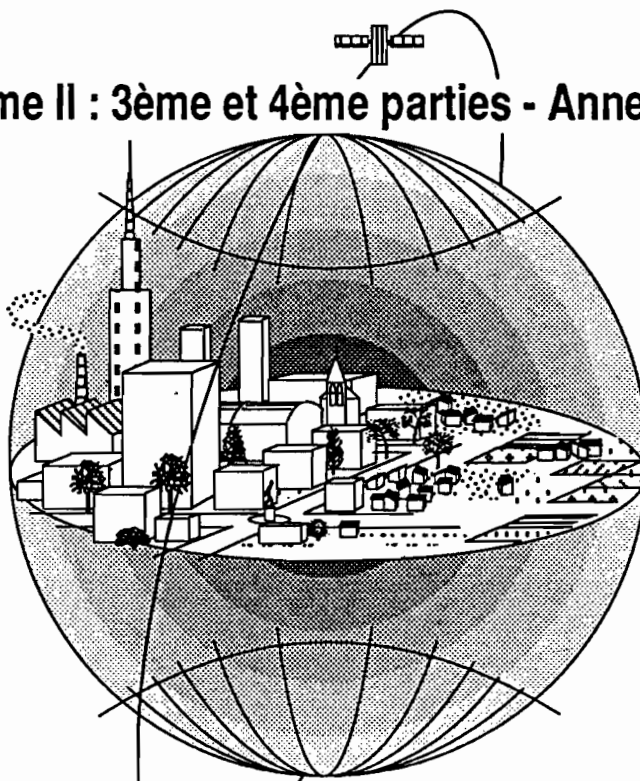
spécialité : Géographie

**Urbanisation et développement urbain  
du sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1989.**

**Etude à l'aide de l'imagerie SPOT.**

par Jean-Michel EBERHARD

**Tome II : 3ème et 4ème parties - Annexes**



soutenue le 10 mai 1994 devant le Jury composé de :

Mr. ANTUN Juan Pablo  
Mr. BATAILLON Claude  
Mme COUREL Marie-Françoise  
Mr. GILG Jean-Paul  
Mr. PELTRE Pierre  
Mr. REVEL-MOUROZ Jean

Professeur à l'UNAM - Mexique  
Directeur de recherche au CNRS  
Directeur de recherche au CNRS  
Maître de conférence à la MSH  
Directeur de recherche à l'ORSTOM  
Directeur de recherche au CNRS



*3ème partie*

*L'enquête de terrain*





L'exposé de géographie générale de la 1ère partie nous a permis une première analyse des secteurs de l'image SPOT de 1986, son zonage, l'interprétation des caractéristiques statistiques et des classifications. Toutefois, nous n'avons pas pu apporter de précisions sur le contenu urbain de ces secteurs, quant à la nature et aux caractères des paysages correspondant à ces classes ; nous avons utilisé des informations exogènes très générales qui ne nous ont guère permis de mettre en évidence les facteurs du terrain intervenant dans les caractères correspondant sur l'image. Nous savons, par exemple, qu'il existe des créations de quartiers dans tel secteur, mais nous ignorons les apparences que revêtent ces créations sur le terrain, comment elles se traduisent en termes de bâti, de voirie, de dégradation du sol et de la végétation... et en quoi ces nouveaux quartiers se distinguent des secteurs plus anciens.

La connaissance de ces éléments est pourtant nécessaire pour tenter un rapprochement aussi étroit que possible entre les secteurs de l'image et les types de quartiers.

L'information existante sur la morphologie urbaine ou sur les modes d'occupation du sol présentait le défaut d'être assez peu systématique et peu quantifiable, ou disponible à une échelle difficilement compatible avec l'information satellitaire. De plus, plusieurs sources d'information semblaient nécessaires afin de réunir les données recherchées sur la morphologie du bâti, sa fonctionnalité, le dynamisme urbain, la nature de l'espace inter-bâti, le sol, la végétation, les matériaux... chaque source nécessitant un *recalage* particulier pour permettre une synthèse avec les autres. Les structures de ces informations exogènes devaient par ailleurs posséder des éléments que l'on puisse mettre en relation avec ceux de l'information image ; enfin, il était nécessaire de disposer d'une grande flexibilité dans le transfert d'échelles et dans le pouvoir de discrimination, comme le permet l'image.

Thèse de Doctorat  
de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales  
préparée sous la direction de Mme Marie-Françoise COUREL

spécialité : Géographie

**Urbanisation et développement urbain  
du sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1989.**

**Etude à l'aide de l'imagerie SPOT.**

par Jean-Michel EBERHARD

**Tome II : 3ème et 4ème parties - Annexes**

soutenue le 10 mai 1994 devant le Jury composé de :

Mr.	ANTUN Juan Pablo	Professeur à l'UNAM - Mexique
Mr.	BATAILLON Claude	Directeur de recherche au CNRS
Mme	COUREL Marie-Françoise	Directeur de recherche au CNRS
Mr.	GILG Jean-Paul	Maître de conférence à la MSH
Mr.	PELTRE Pierre	Directeur de recherche à l'ORSTOM
Mr.	REVEL-MOUROZ Jean	Directeur de recherche au CNRS

Aucune méthode existante ne présentait de tels avantages, et il a été nécessaire de développer une méthode originale répondant à l'ensemble de ces contraintes par une démarche objective, simple, facile à mettre en place et à reproduire. Nous avons pour cela tenté de mettre au point une méthode de description du paysage visible qui offre la possibilité, avec des développements ultérieurs, de s'approcher des méthodes de description systématique et pluridisciplinaire du paysage, telles que les ont conçues les Ecoles de Besançon et d'Abidjan (Brossard & Wieber, 1980 et 1984 ; Rougerie & Beroutchachvili, 1991).

Dans cette troisième partie, nous nous proposons tout d'abord de présenter les principaux points de la méthode d'enquête de terrain, ses objets, ses avantages et ses limites. Nous décrirons et caractériserons ensuite les zones mesurées, à l'aide des données brutes recueillies, mais aussi d'indicateurs que nous aurons pris soin, au préalable, de définir.

Enfin, nous proposerons une typologie des quartiers, établie à partir d'une classification des zones, selon les caractères mesurés et les indicateurs.

# Chapitre 10

## Objectifs et principes de l'enquête de terrain

---

Les principes de l'enquête de terrain et certains résultats ont été exposés en détail dans le document joint au Rapport Final du Projet Chalco (Eberhard, 1990 (2) et 1991). Nous nous limiterons ici à rappeler l'essentiel de ces principes, de façon à permettre l'interprétation des résultats obtenus par la méthode.

Nous présenterons ensuite les résultats statistiques et une typologie des quartiers que l'on peut en extraire.

### 1. Objectifs de l'enquête

Le protocole d'enquête a été défini selon l'objectif principal de ce travail : observer certains secteurs de l'espace urbain, en vue de mettre en évidence et de caractériser son expansion et ses changements.

L'information de base de cette étude étant d'origine satellitaire, il a été nécessaire d'apporter une connaissance géographique afin de vérifier la pertinence des critères retenus pour l'analyse image, d'interpréter et de donner un contenu thématique aux résultats obtenus à la suite du traitement des données satellitaires. Nous avons donc tenté de déterminer des critères pour la description des différents paysages urbains qui puissent être reliés à ceux de télédétection.

Les objectifs directs de l'enquête ont donc été :



- la collecte d'une information sur le *paysage visible*, c'est-à-dire les caractères immédiatement perceptibles et les plus marquants du paysage, puisque l'information satellitaire ne concerne que cet aspect de la réalité urbaine<sup>1</sup> ;
- la description du terrain selon des critères compatibles avec l'information satellitaire retenue ci-dessus pour l'analyse des images : l'information radiométrique et l'information texturale (chapitres 7 à 9) ; cette description doit permettre le calcul d'*indicateurs urbanométriques* en vue de l'élaboration d'une typologie des quartiers, susceptible d'être mise en relation avec la typologie qui a été dégagée par les indicateurs image ;
- l'apport d'une information relative à l'occupation du sol, afin de caractériser les changements observés sur les images, entre deux dates.

## 2. Zones enquêtées

La délimitation des secteurs sur la composition colorée de 1986 a abouti à la segmentation de l'image en 43 régions urbaines (voir chapitre 9). Etant donné l'extension de ces régions, il n'a pas été possible de décrire la totalité de leur surface ; on a donc enquêté sur un échantillon représentatif de ces surfaces, constitué de zones dont nous allons tout d'abord préciser les caractéristiques, avant d'évoquer leur représentativité.

### 2.1. Définition et localisation des zones d'enquête

- forme et taille standard, de façon à obtenir des statistiques comparables et à permettre éventuellement l'automatisation du traitement des zones correspondantes sur l'image. La forme carrée a été préférée pour son anisotropie, et parce qu'elle répond aux conditions requises par

---

<sup>1</sup> ... l'information sociologique n'étant déduite qu'*a posteriori* par interprétation de l'image (notamment, fonctionnalité des éléments urbains).

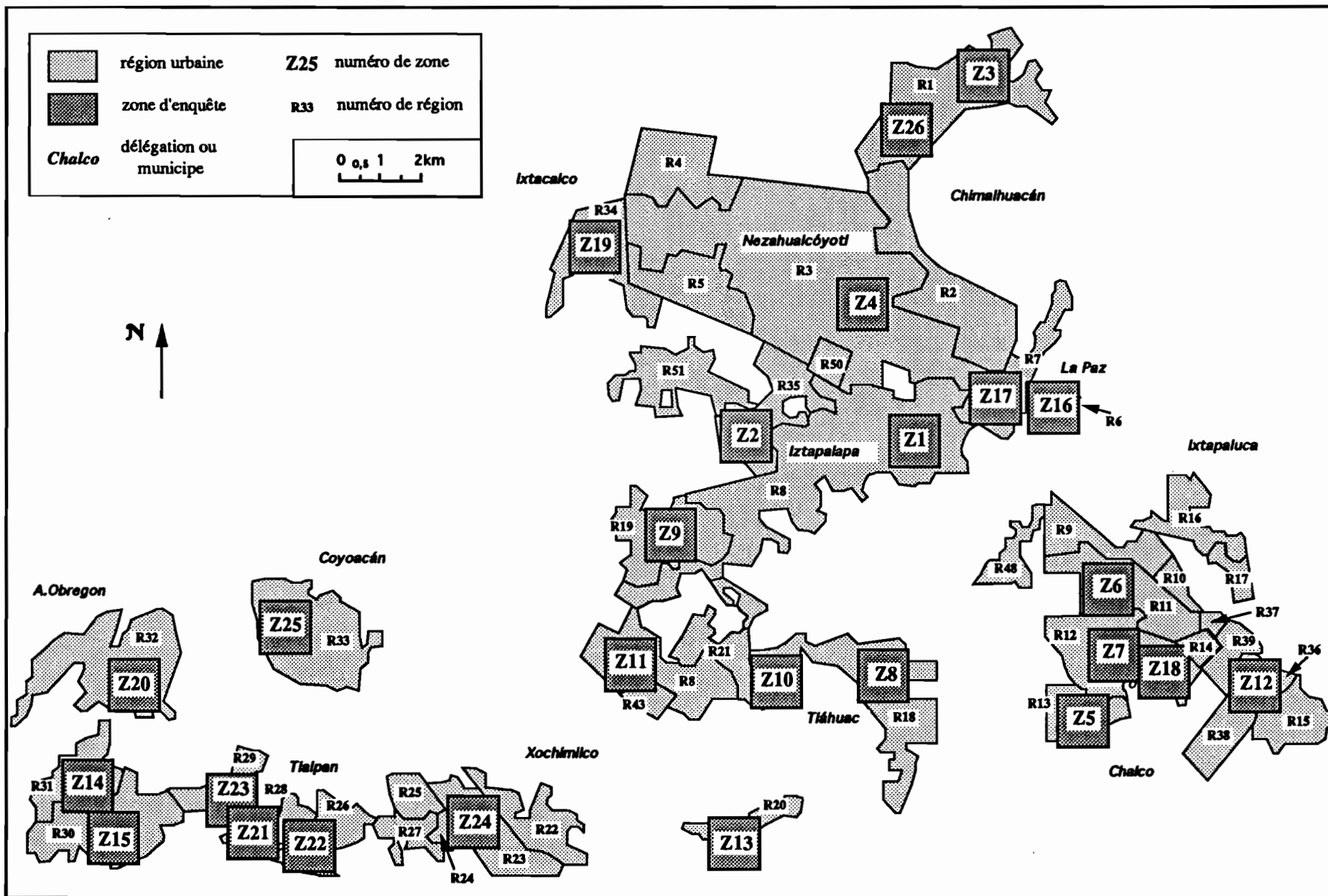


figure 103 : Localisation des 26 zones d'enquête.

certain algorithmes de traitement d'image<sup>1</sup>. Pour ces mêmes conditions liés aux traitements, la taille a été arrêtée à 1.280 m de côté, ce qui correspond sur l'image à un carré de 64 x 64 pixels multibandes. Il nous a semblé que cette surface permettait de recueillir une quantité d'information suffisante pour une caractérisation fiable des quartiers enquêtés ; c'est du moins l'échelle à laquelle nous avons souhaité travailler, en fonction de la problématique et des données satellitaires dont nous disposons. On remarquera que le choix de la forme carrée suit les recommandations de Campbell (*in* De Keersmaecker, 1987 p.204) qui préconise les formes d'échantillonnage dont les limites sont parallèles aux lignes de balayage du capteur<sup>2</sup>.

- les zones sont au nombre de 26 ; pour des raisons matérielles, il n'a pas été possible, en effet, d'enquêter sur la totalité des régions urbaines délimitées à partir de l'image ; nous avons donc choisi un échantillon qui représente une grande variété de secteurs urbains.
- on a déterminé la localisation des zones à partir de la composition colorée, en essayant de les placer dans les secteurs les plus caractéristiques des régions qu'elles représentent. Toutefois, par leur taille et leur forme propres, certaines de ces régions n'ont pu inscrire totalement leurs zones d'échantillon (en particulier dans les régions du sud), et "débordent" donc de la surface initiale à décrire.

La figure 103 de la page précédente localise les 26 zones d'enquête par rapport aux 43 régions. On trouvera également ci-dessous la correspondance des zones avec les régions, ainsi que les quartiers qu'elles représentent (tableau 23).

## 2.2. Représentativité

Avant de procéder à l'enquête, nous avons cherché à vérifier, à partir de l'image, que l'échantillon assure une bonne représentativité des régions. Pour cela, nous avons analysé les

---

<sup>1</sup> ...en particulier l'algorithme de calcul de la Transformée de Fourier retenu dans le logiciel Planètes. Celui-ci effectue en effet ses calculs sur des zones carrées ayant pour côté un nombre égal à une puissance de 2.

<sup>2</sup> Le carré offre, par ailleurs, l'avantage d'offrir un paramètre minimal, ce qui réduit les effets de frontière et facilite les études de voisinage (texture).

26 zones selon la même méthode que celle utilisée par la mise en évidence des structures de la composition colorée.

tableau 23 : Correspondance des zones et des régions.

région	zone(s)	délégation ou municipale : colonie principale
1	3	Chimalhuacán : Punta La Zanja
2	26	Chimalhuacán : Barrio de los Tejedores
3	4	Nezahualcóyotl : La Esperanza
6	16	La Paz : Ejidal El Pino
7	17	La Paz : Loma Encantada
8	1 et 11	Iztapalapa : Sn Miguel Teotongo, Sn Antonio
11	6	Chalco nord : Alfredo del Mazo
12	7 et 18	Chalco centre : Sta Cruz, Guadalupana
13	5	Chalco sud-ouest : Sn Miguel Xico
18	8 et 10	Tláhuac : Selene, La Conchita Zapotitlán
19	9	Iztapalapa sud : Francisco Villa
20	13	Xochimilco est : Sn Gregorio Atlapulco
23	24	Xochimilco ouest : Misiones de la Noria
26	22	Tlalpan : Ejidos Sn Pedro Martir
28	21	Tlalpan : Pedregal Las Aguilas
29	23	Tlalpan : Sta Ursula Xitla
30	15	M.Contreras : Torres de Padierna (sud)
31	14	M.Contreras : Sn Nicolas Tototalpan (nord)
32	20	A.Obregon : Jardines del Pedregal-Sn Jeronimo
33	25	Coyoacán : Pedregal Sto Domingo
34	19	Iztacalco : Agricola Pantitlán
35	2	Iztapalapa : Sta M. Aztahuacan
36	12	Chalco sud-est : Culturas de México

Après avoir décrit les zones selon les couleurs par un tableau d'effectif, nous avons analysé la position des zones choisies par rapport aux structures mises en évidence par les 43 régions. L'information concernant l'échantillon a donc été ajoutée, en variables supplémentaires, aux données des 43 régions ; les zones n'interviennent donc pas dans le calcul, mais elles sont représentées dans les plans factoriels.

Dans les résultats produits en Annexe 17, nous avons retiré les couleurs des graphiques, afin de faciliter la lecture des résultats<sup>1</sup> ; nous avons également recodé le nom de chaque zone selon le nom de la région qu'elle représente, sous la forme ZRxx, où xx est le numéro de la région. Exemple : la zone Z20 a été recodée en ZR32, car elle représente la région R32<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> La position des couleurs dans les plans est évidemment identique à celle calculée par l'A.F.C. sur les 43 régions seules (voir Seconde partie).

<sup>2</sup> La liste du recodage des Z en ZR est donnée en début de l'Annexe.

Ce mode de représentation nous permet de lire immédiatement la distance qui sépare les zones des régions (dans les plans, ZR32 est proche de R32).

Dans l'ensemble des plans, on remarque une très grande proximité des zones aux régions qu'elles représentent respectivement. Il existe certains éloignements, dus au non recouvrement exact des régions par les zones (voir ci-dessus), notamment R20-ZR20 (ZR20 = Z13), R29-ZR29 (ZR29 = Z23)... Il ne s'agit cependant que de faibles distances et les zones appartiennent aux mêmes secteurs de structures que les régions auxquelles elles correspondent. L'échantillon peut donc être considéré comme représentatif des régions à décrire.

Voyons maintenant les principes de l'enquête et le mode d'acquisition de l'information.

### 3. Principes de la méthode d'enquête

La description des quartiers a nécessité la définition des termes suivants ; nous entendrons par :

- *objet*, la portion de l'espace urbain caractérisée par la continuité de l'ensemble des critères retenus pour la description de cet espace (critères : voir plus loin) ;
- *événement*, la rupture d'au moins l'un de ces critères, qui détermine la limite spatiale de l'objet;
- *relevé*, ou *mesure*, la description de l'objet selon des critères standard ; l'enquêteur produira un relevé par objet.

La nature et le volume de l'information, l'étendue des surfaces à décrire... ont conduit à choisir un mode de collecte de l'information par *balayage*, plutôt qu'une méthode de mesures par unité de surface élémentaire<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Pour une méthode de mesures par unité de surface, voir Dureau, Duchemin et al., 1988 ; voir aussi les fiches techniques : Dureau et al., 1989.

En effet, la méthode par balayage permet de restituer l'emplacement respectif des objets urbains, leur succession dans l'espace, leur espacement et l'ordre dans lequel ils se trouvent. Il est nécessaire de décrire ces caractères importants puisque, comme l'analyse de la texture nous l'a montré, l'image contient une information sur l'organisation des objets au sol. Par ailleurs, l'ordre dans lequel se disposent ces objets ainsi que leur espacement, ne sont pas plus anodins que leur taille ou leur matériau propres. Cet aspect constitue au contraire l'un des caractères importants des paysages urbains, et sont d'autant plus nécessaires à considérer, que certains secteurs étudiés connaissent une forte dynamique de la construction.

La méthode consiste donc à réaliser des *transects*, c'est à dire à établir une liste des objets contigus que l'enquêteur rencontre au long d'un itinéraire qui traverse la zone, et qu'il décrit par des mesures. Les transects sont au nombre de quatre par zone, orientés dans deux directions perpendiculaires<sup>1</sup>. Aux mesures de longueur et de distance, s'ajoutent des précisions de nature qualitative, l'ensemble de la description répondant à un questionnaire standard. Le transect constitue donc ici une liste de questionnaires qui maintient les objets dans l'ordre strict de leur agencement dans l'espace<sup>2</sup>.

La méthode capte donc l'information à une échelle élémentaire fine, mais qui peut reconstituer le paysage à l'échelle plus vaste du quartier. Elle permet en effet plusieurs types d'étude :

- étude d'objets séparés, exclus de leur contexte ;
- étude par séquence d'un groupement d'objets dans un secteur ;
- description statistique globale (nombre d'objets, distance moyenne du bâti...) ;
- étude de contexte par l'analyse de l'organisation spatiale des objets : fréquence, voisinage, concentrations locales, variations de densité<sup>3</sup>...

---

<sup>1</sup> Dans certains cas, un cinquième transect a été relevé lorsque la zone se composait de paysages très contrastés (exemple zone 17).

<sup>2</sup> Pour des raisons pratiques, les relevés effectués ne sont pas systématiquement linéaires puisqu'ils suivent le tracé des rues. Ils ne sont pas non plus strictement réduits à une seule dimension (voir plus loin § 6).

<sup>3</sup> Voir plus loin la définition du terme *densité*.

#### 4. Critères de description et questions terrain

Posons d'emblée les définitions suivantes :

- la *ville* se définit sur des critères visuels, selon la nature de notre étude, par un regroupement plus ou moins dense de constructions en élévation, en nombre et sur une étendue assez importants ;
- le *bâti* est l'ensemble des constructions en élévation ;
- l'*inter-bâti* correspond à l'espace non construit en élévation qui, en milieu urbain, s'étend entre le bâti<sup>1</sup>.

Les critères sélectionnés pour la description des secteurs de l'image ont induit le choix des critères de description du terrain. Le tableau suivant propose des correspondances entre les questions terrain et les questions image. Etant donné le rôle particulier de la voirie, notamment pour la structuration de l'espace, et sa spécificité sur le terrain et sur l'image, on a traité les voies de communication séparément de l'inter-bâti.

tableau 24 : Correspondances des questions terrain et image

Q		QUESTIONS - IMAGE						
		txt (a)	gran. (b)	1/f (c)	lin. (d)	radio (e)	IVG (f)	assoc (g)
U B S T I O N	<b>B A T I</b>							
	taille	x	x					
	forme	x						
	matériau					x		
	nature-fonction							x
S T R U C T U R E	<b>I N T E R - B A T I</b>							
	taille	x						
	matériau					x	x	
	nature-fonction							x
T E R R A I N	<b>V O I R I E</b>							
	rectilignité				x			
	organisation spatiale			x				
	revêtement					x		
A I M A G E	<b>V E G E T A T I O N</b>							
	couvert arboré					x	x	
	couvert herbacé					x	x	

(a) : texture ; (b) : granulométrie ; (c) : périodicité ; (d) : linéaments ; (e) : segmentation par radiométrie ; (f) : indice de végétation ; (g) : association des caractères précédents

<sup>1</sup> La voirie est incluse dans l'inter-bâti.

L'extension et l'état de la végétation sont également des informations importantes pour caractériser les secteurs urbains, et nous verrons qu'elles peuvent être mises en relation avec l'information sur ce thème issue de l'image. Une question terrain particulière concernera donc les arbres qui ne sont pas pris en compte dans la description des matériaux de surface.

La collecte de l'information terrain couvre par conséquent quatre thèmes principaux : le bâti, l'inter-bâti, la voirie et la végétation.

Les critères de description apparaissent donc sous trois formes générales :

- le matériau, qui correspond à l'information radiométrique de l'image ;
- la morphologie, qui correspond davantage aux caractères texturaux ;
- la nature-fonction, pour une interprétation thématique plus globale de l'image (type d'occupation du sol).

On notera que la nature-fonction des objets n'est pas mise en relation directe, dans ce tableau, avec un caractère particulier de l'image, mais plutôt avec l'ensemble des caractères (*association*). En effet, pour son identification, la nature-fonction de l'objet sur le terrain nécessite l'intégration de l'information de base : architecture, taille, matériaux, contexte... dont on trouve certaines équivalences dans l'image. L'association des caractères image est également nécessaire pour tenter d'identifier la nature-fonction d'un objet représenté sur ce type de document.

Mis à part le "degré de vieillissement" qui n'est pas pris en compte directement dans cette enquête, ces critères recouvrent ceux évoqués par A. Chatelain dans la *nomenclature descriptive de l'occupation du sol* (Chatelain et al., 1982 p.67-68).

Le tableau 25 ci-après présente les questions terrain déduites de ces relations.

La définition des quatre thèmes et des trois critères de description retenus a conduit à l'élaboration de la nomenclature des objets et à celle des descripteurs.



*tableau 25 : Correspondances des thèmes d'enquête et des questions terrain.*

• le bâti :	- la taille au sol ; - la hauteur (nombre d'étages) ; - la densité et l'agglomération du bâti ; - le matériau dominant de la toiture ; - la nature-fonction du bâti.
• l'inter-bâti :	- le matériau de l'espace inter-bâti, en particulier, les surfaces végétalisées ; - la nature-fonction de cet espace ; - la présence d'arbres, et l'importance de la couverture arborée.
• la voirie :	- la rectilignité ; - la largeur ; - le revêtement ; - l'organisation du réseau : nombre et espacement des rues (trames à mailles régulières).
• la végétation :	- la quantité de végétation autre celle décrite comme matériau de surface (arbres).

## 5. Nomenclatures, questionnaire d'enquête et codes de description

Le questionnaire est un tableau à double entrée, avec les objets successifs disposés en lignes et les questions en colonnes. Les colonnes sont divisées en trois sous-questionnaires réservés à la description des objets, de la rue suivie, et aux informations supplémentaires.

Le questionnaire comporte un en-tête qui précise, pour chaque transect, le nom des enquêteurs, la date, l'heure, le côté observé et le sens du déplacement. On trouvera en Annexe ter1-anx-2 un exemplaire du formulaire utilisé.

Les nomenclatures objets et matériaux, et les codes descripteurs correspondants se présentent, colonne par colonne, de la manière suivante.

### 5.1. Sous-division de description des objets (*objets*)

On trouvera plus loin la nomenclature complète des objets et des matériaux, ainsi que les codes d'enquête correspondants, dans le tableau 26.

• **colonne 1 (codigo)** : rassemble deux informations : le code de la nature-fonction de l'objet, et le nombre de niveaux pour les objets construits en élévation (rez-de-chaussée = 1 niveau).

• **colonne 2 (material o techo)** : recueille l'information concernant le matériau du toit pour le bâti et de la surface pour l'inter-bâti. Lorsque le toit n'est pas visible, l'enquêteur répond "99", et il note "z" lorsque le matériau n'est pas visible parce que le toit est horizontal. Les codes matériaux sont :

• **colonne 3 (numero de pasos)** : indique la longueur de l'objet est mesurée en pas par le *marcheur* ; lorsque le décamètre est utilisé, l'unité "m" est précisée. Pas de réponse : "999".

• **colonne 4 (arboles)** : indique le nombre d'arbres qui couvrent tout ou partie de l'intervalle mesuré. Y figure également le pourcentage estimé de l'espace couvert par les arbres.

tableau 26 : Nomenclature de terrain et codes de description.

nature-fonction (colonne 1) <sup>1</sup>						
objet		code	objet		code	
<i>C</i>	maison individuelle d'habitation	ch+étages	maison individuelle de service <sup>2</sup>		cs+étages	
<i>E</i>	immeuble collectif d'habitation	ih+étages	immeuble collectif de service		is+étages	
<i>L</i>	stationnement individuel couvert fabrique, usine, dépôt...	e+étages f	chantier (avec étage terminé)		ob+étages	
<i>N</i>	rue	**	stationnement non couvert		e	
<i>O</i>	chantier (sans étage terminé)	ob	terrain de sport, de récréation		r	
<i>C</i>	cour, <i>patio</i>	p	passage, petit chemin		pa	
<i>E</i>	terrain vague, friche	b	terre à usage agricole		a	
<i>L</i>	jardin, parc	j	dépôt		d ou de	
	autre (préciser)	o	indéterminé ou sans réponse		99	
matériau ou toit (colonne 2)						
matériau		code	matériau		code	
<i>C</i>	carton	ca	fibro-ciment	a	métal	m
<i>EL</i>	dalle béton	lo	tuiles	tj	briques	l
<i>N</i>	béton	c	terre	t	pierres	p
<i>O</i>	herbe	h	poussière	p	ordures	ba
<i>C</i>	asphalte	af	sable	ar	roche	rc
<i>E</i>	eau	oo	gravats	cj		
<i>L</i>	toit horizontal	z	indét.ou sans rép.	99	autre (préciser)	o
rectilignité (colonne 5)						
rectiligne		r	courbe		c	

<sup>1</sup> CEL : objet Construit en ELévation ; NOCEL : objet NON Construit en ELévation.

<sup>2</sup> Surtout petits commerces (*tienda*).

### 5.2. Sous-division de description des rues (*calles seguidas*)

- **colonne 5 (*rect*)** : spécifie le tracé, rectiligne ou courbe, de la rue suivie ou de la rue croisée. Le code objet permet de retrouver si cette spécification concerne la rue suivie (code objet autre que "\*\*\*"), ou de la rue croisée (code objet = "\*\*\*").
- **colonne 6 (*mat*)** : contient l'information sur le matériau de revêtement de la rue suivie, identique au code matériau des objets (colonne 2). Le code matériau d'une rue croisée est bien entendu spécifié dans la division *objet* du questionnaire (colonne 2).
- **colonne 7 (*arbol*)** : donne le nombre d'arbres plantés dans la rue suivie, du côté décrit.
- **colonne 8 (*nombre*)** : précise le nom de la rue suivie spécifié en tête de questionnaire (constant jusqu'à nouvelle indication), ou de la rue croisée lorsque le code objet est égal à "\*\*\*")<sup>1</sup>.

### 5.3. Sous-division des informations supplémentaires (*observaciones*)

- **colonne 9 (*observaciones...*)** : fournit toutes informations susceptibles d'aider à la connaissance du terrain, et à l'interprétation de l'image, en particulier la couleur et les précisions correspondant aux codes objet et matériau égal à "o" (autre). Indications de repérage concernant les photos, les prélèvements de sol...

*Remarque* : les codes des colonnes 5 (*rect*), 6 (*mat*) et 8 (*nombre*) qui décrivent la rue suivie, sont placés en première ligne du questionnaire ; l'information reste constante au long du transect, jusqu'à nouvelle indication.

La nomenclature de la nature-fonction des objets (colonne 1) fait appel à des concepts assez larges qui se chevauchent parfois. Pour un même objet, plusieurs enquêteurs peuvent être

---

<sup>1</sup> Cette indication permet un repérage précis de l'itinéraire sur un plan, ou pour une enquête ultérieure.

amenés à répondre différemment, en fonction de l'interprétation qu'ils en font. La difficulté est surtout apparue dans la description de certains espaces inter-bâti dont la nature et les fonctions sont souvent multiples ; l'exemple le plus typique est le *patio* qui sert tout à la fois de cour, de jardin, de dépôt de matériaux, de stationnement, voire localement de terrain vague... Selon l'enquêteur, tel caractère l'aura emporté plutôt que tel autre dans le choix du vocabulaire employé.

## 6. Règles d'enquête et conditions d'utilisation des codes

a) les **transects** sont au nombre de quatre par zone, orientés dans au moins deux directions différentes, de façon à restituer une information à deux dimensions. Le tracé est normalement rectiligne, mais les rues, parfois courbes ou brisées, empruntées par obligation, influencent l'itinéraire des enquêteurs. Le choix de leur localisation n'est pas complètement aléatoire : on a veillé à une bonne répartition des transects dans la zone ; par ailleurs, la praticabilité des voies de communication a été prise en compte. On trouvera leur localisation et leur tracé dans les plans joints au rapport du Projet Chalco.

b) l'**enquêteur** privilégie l'aspect visible des objets qu'il décrit, sans s'impliquer dans l'observation, ses déductions et son interprétation n'intervenant que lorsque l'accès à la vue fait défaut (1 à 2% des cas)<sup>1</sup>. L'information sur la nature-fonction de l'objet (colonne 1) fait appel à une compréhension de l'espace établie à partir d'une série d'observations élémentaires non prises en compte dans le questionnaire.

c) l'**espace observé** ne se limite pas, dans la pratique, aux seuls objets en contact avec l'axe de mesure : on a introduit une certaine profondeur dans l'observation. En effet, on a admis qu'un objet construit en élévation devait être pris en compte, même en retrait de la rue, lorsque sa distance à celle-ci était très faible. Le seuil de cette distance a été mis en relation avec la

---

<sup>1</sup> Ce sont surtout les espaces non bâtis hermétiquement clôturés qui n'ont pu être décrits.

hauteur du bâti<sup>1</sup> : si celle-ci est supérieure à la distance qui sépare le bâti de l'observateur, la construction en élévation est prise en compte. Dans le cas où la hauteur est inférieure à la distance de l'objet à son observateur, le bâti est *non vu*, et c'est alors l'espace inter-bâti qui est pris en compte<sup>2</sup>. Ce critère engendre une certaine distorsion de l'espace observé, que nous envisagerons dans le paragraphe 8 ci-après consacré aux critiques de la méthode.

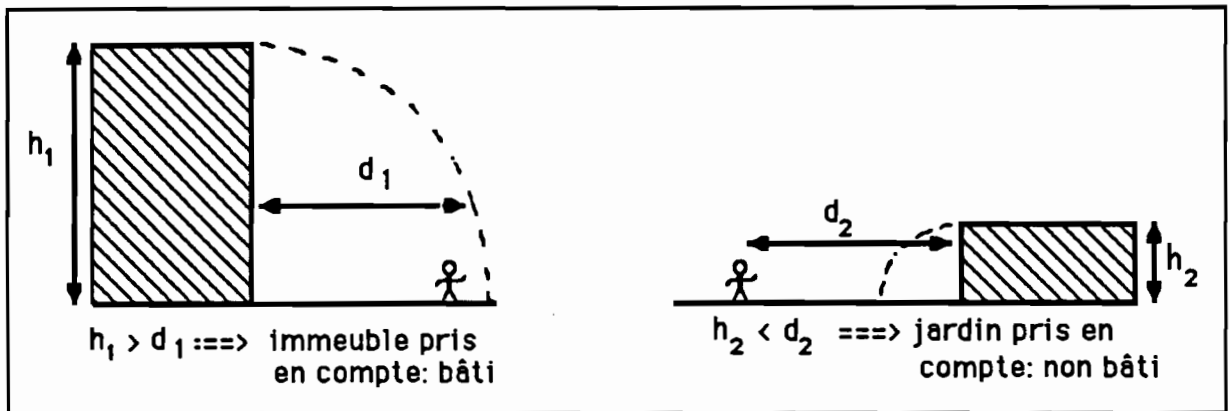


figure 104 : Conditions de prise en compte du bâti.

d) l'objet observé est celui défini ci-dessus comme une continuité spatiale des trois critères de description, limitée par deux événements<sup>3</sup>. Ces limites sont celles projetées perpendiculairement sur l'axe d'observation. Dans le cas d'un *cel* disposé en biais par rapport au transect, seule la partie de l'objet dont la distance à l'axe est inférieure à la hauteur sera *vue* comme bâti (figure 105 ci-après).

A chaque objet décrit correspond une ligne du questionnaire, et une seule, par ordre dans lequel l'enquêteur les rencontre.

<sup>1</sup> On a en effet considéré qu'il existait une relation intuitive entre la masse du bâti et son impact sur le paysage que l'on cherche à décrire horizontalement.

<sup>2</sup> Un même bâtiment peut donc se trouver en partie pris en compte et en partie *non vu*, selon son architecture, sa disposition et sa distance par rapport à l'axe d'observation.

<sup>3</sup> Dans la pratique, il s'est avéré que les enquêteurs prenaient également les limites des lots comme rupture de la continuité spatiale ; il est donc fréquent de trouver côte à côte deux patios de terre dans les questionnaires, alors qu'il n'y a pas de rupture de continuité spatiale pour aucun des trois critères officiels. Ce comportement n'est pas gênant : il est possible de reconstituer *a posteriori* les objets anormalement partitionnés ; il a au contraire l'avantage d'apporter des précisions sur la taille des lots.

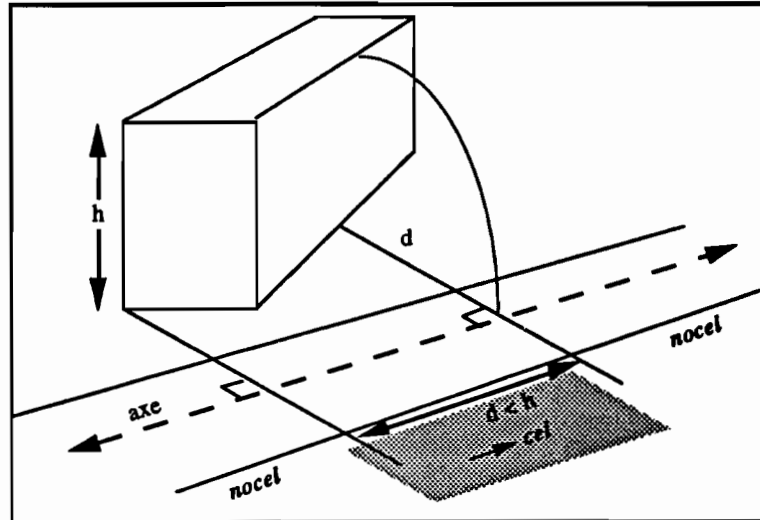


figure 105 : L'objet observé par rapport à l'axe de mesure.

e) les **caractères observés** sont ceux sélectionnés dans la nomenclature des critères de description. Seuls les trois premiers caractères (colonnes 1 à 3 du questionnaire) sont obligatoires ; dans le cas d'une rue croisée, le caractère de rectilignité et le nom de la rue (colonnes 5 et 8) sont également à préciser.

Les maisons ou immeubles de nature-fonction mixte, habitation/service, sont considérés comme du bâti de service (*cs* ou *is*). Dans le cas de constructions en chantier partiellement habitées, le caractère d'habitation est prioritaire.

## 7. Reconstitution du paysage codé

La définition de l'objet urbain retenue ici et la structure du questionnaire permettent un découpage de l'espace variable selon la nature de la recherche, et une reconstitution d'objets définis différemment par ce critère, à partir d'un même paysage.

La figure ci-après (figure 106) montre un exemple de discrimination des objets selon leur matériau (*objet-végétation*), leur morphologie (*objet-cel*), et leur reconstruction selon les trois critères possibles. On constate que la taille des objets et leur espacement varient selon le critère de sélection ; une telle démarche peut améliorer la comparaison de ces caractères du paysage

avec l'information satellitaire. Les principaux blocs de matériau présentés sous cette forme (béton, végétation...) constituent en effet des objets d'étude plus proches, en échelle et en contraste, de ceux discriminables sur l'image.

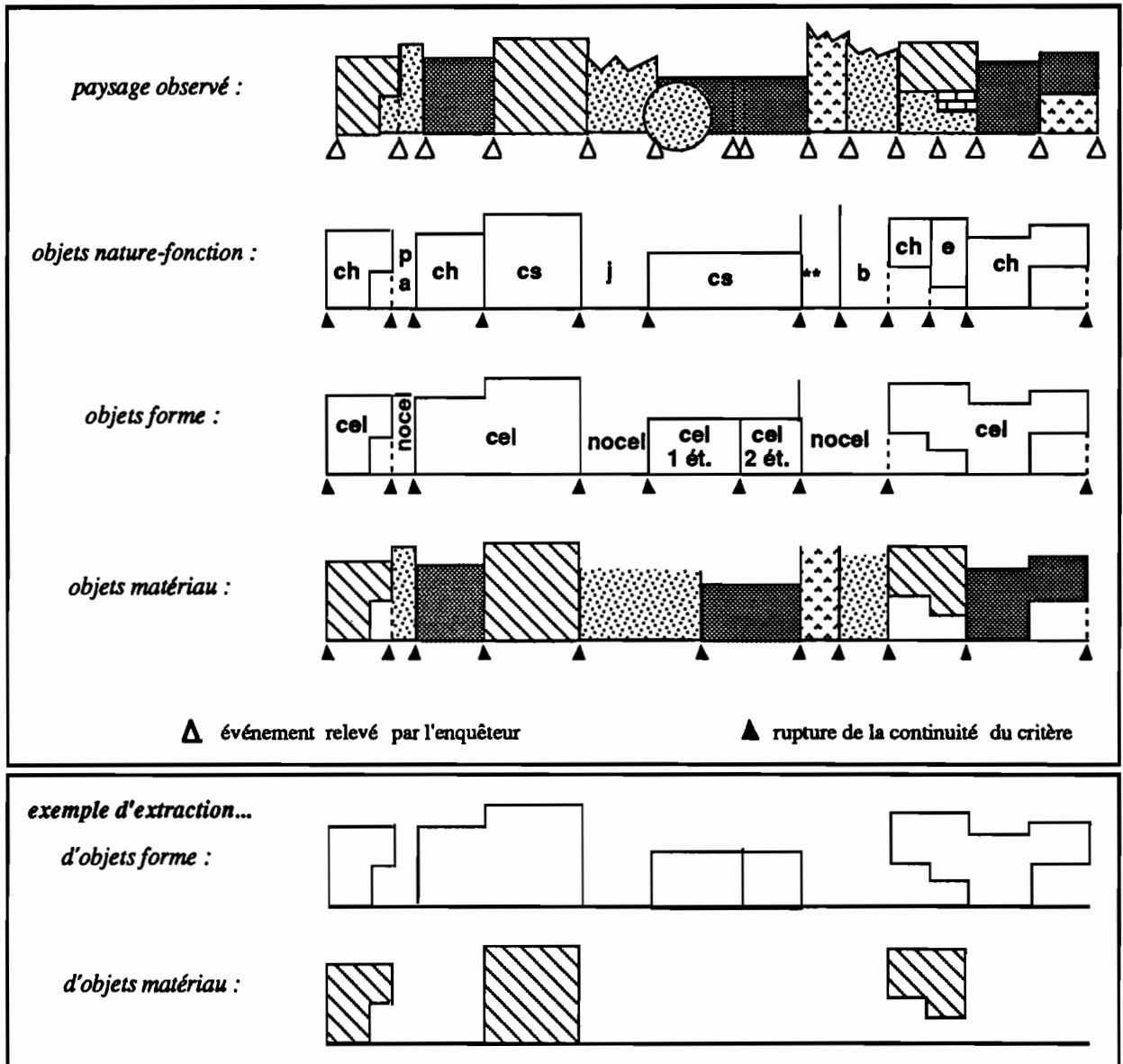


figure 106 : Différents découpages de l'espace, selon le critère de description.

L'ensemble des critères de description permet également une reconstruction stylisée du paysage décrit. La figure 107 page suivante donne l'exemple d'un transect simulé ; on remarque l'information extraite par le questionnaire et la lecture que l'on peut en faire. Le résultat est un paysage simplifié comportant ici les informations "forme" et "matériau". On observe notamment que :

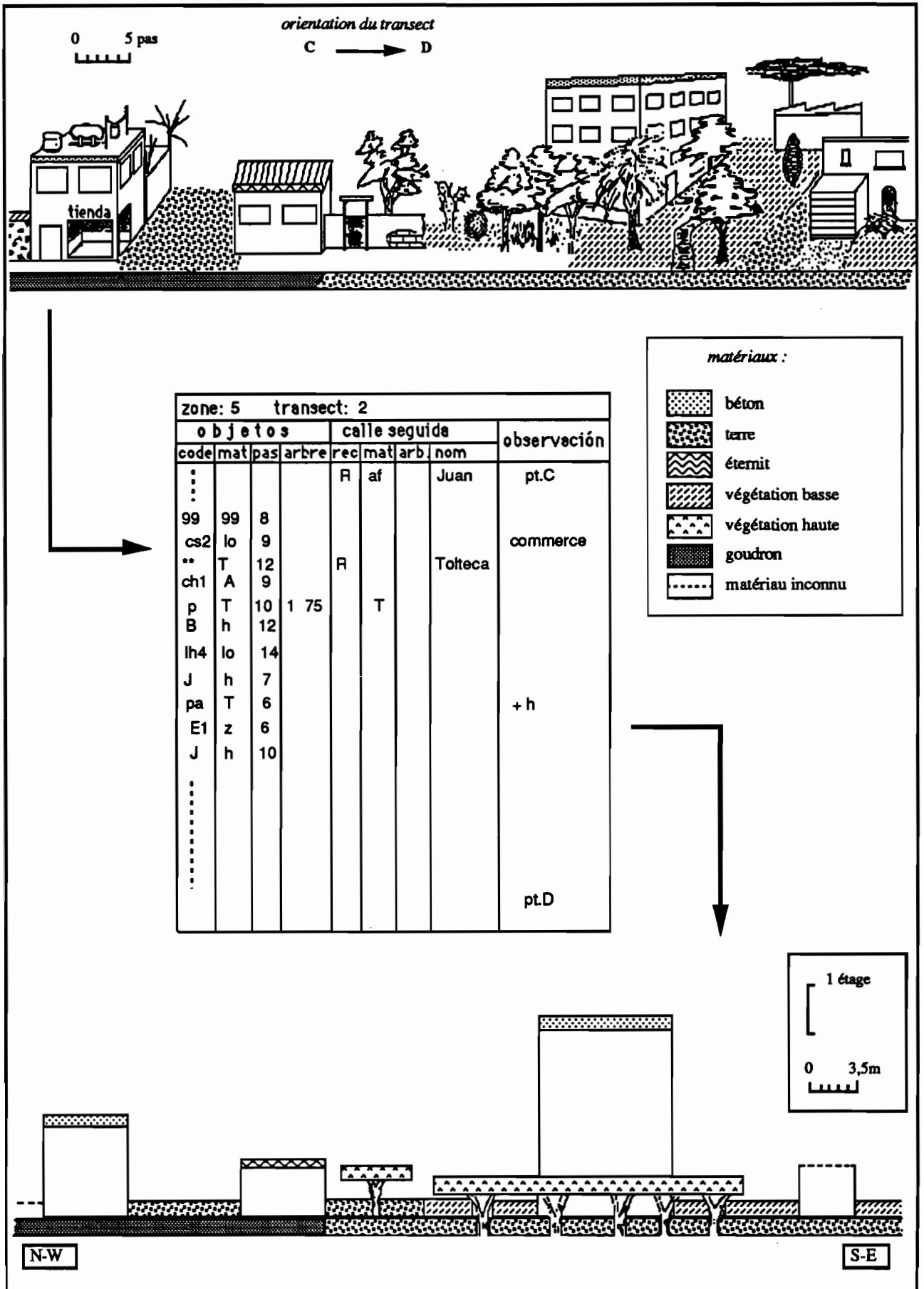


figure 107 : Le paysage codé, et sa reconstruction sur les critères de forme et de matériau.



- les objets sont replacés dans l'espace selon leur taille, leur espacement et leur position respectifs, ce qui permet de retrouver l'enchaînement spatial des événements, le contexte de chaque objet (contexte morphologique ou de matériau), leur densité ou leur regroupement ;
- l'extension et la disposition des matériaux, notamment la végétation et son contraste avec les éléments minéraux ;
- la perte d'une dimension de l'espace, celle qui replace les objets en profondeur ; seule, une partie de l'immeuble est restituée, en fonction de sa hauteur et de sa distance à l'axe d'observation.

Nous avons reconstitué le paysage, selon les critères qui nous intéressent ; nous verrons plus loin, chapitre 11, comment nous pouvons le décrire et le caractériser par des indicateurs, afin de comparer les zones entre elles. Nous verrons également comment ce type de schéma peut être systématisé sous la forme de *coupes urbaines* permettant la comparaison des profils des divers secteurs urbains (voir plus loin chapitre 11, § 4.2).

L'analyse de cette simulation appelle quelques remarques sur l'information recueillie à l'aide de la méthode par transects.

## 8. Remarques sur la méthode

La méthode par transect permet des mesures de l'espace, simples mais monodimensionnelles<sup>1</sup>. Dans notre démarche, ces mesures doivent être mises en relation avec les caractères de l'image satellitaires, dans certains cas extraits à partir d'analyse de surfaces<sup>2</sup>.

A l'échelle du quartier, cet inconvénient est en partie pallié par les deux directions perpendiculaires des transects. Cette disposition permet de capter une information sur une éventuelle organisation spatiale différenciable selon l'orientation du tissu urbain, orientation des

---

<sup>1</sup> Le relevé est, en réalité, bidimensionnel : longueur et hauteur ; mais, seule la dimension de la longueur reste commune avec l'espace représenté par les données satellitaires.

<sup>2</sup> On notera que certaines méthodes de description d'état de surface en pédologie, ou l'estimation de densité d'objets pour des surfaces, utilisent des relevés par lignes, ou même par points (voir bibliographie : M.U.L.T. ; voir également une méthode d'estimation des coefficients d'occupation du sol par sondage statistique : Bouvier, 1989 p.161-164).

manzanas, par exemple. A l'échelle plus restreinte de l'objet, la mesure monodimensionnelle introduirait une distorsion dont il s'agirait de bien connaître les effets, par exemple, sur des estimations de densité du bâti. Rappelons que tel n'est pas l'objet de la méthode ; nous avons plutôt cherché ici à décrire des paysages composés de divers éléments de taille et en nombre plus ou moins importants, séparés les uns des autres par des distances plus ou moins grandes.

La méthode suppose que l'on admette l'absence d'organisation spatiale prédéterminée des objets à l'échelle du lot et même de la manzana. Si donc les objets sont ventilés aléatoirement dans les parcelles, on peut estimer que les mesures effectuées par transect décrivent de manière représentative certains caractères de cet espace. Cependant, on conçoit qu'il existe une distorsion sur les mesures, liée à la taille des objets et à celle des lots ; elle peut amener localement des erreurs, mais qui sont statistiquement compensées sur un grand nombre de cas observés, représentant une part importante des cas possibles.

Par exemple, on pourrait envisager une sous-estimation du bâti de faible surface par rapport à la parcelle, le bâti éloigné n'étant pas pris en compte. Cependant, cette sous-estimation est compensée par les cas où le bâti est effectivement pris en compte car l'espace qu'il occupe est surestimé.

Le critère de prise en compte du bâti selon sa hauteur, peut également engendrer une incertitude, puisqu'il favorise la prise en compte du bâti à étage : le bâti élevé est *visible* à une distance plus grande que le bâti plus bas. La surestimation du bâti à étages par rapport au bâti à un seul niveau, ne mène pas non plus à une aberration thématique : les constructions élevées occupent des surfaces au sol plus vastes. L'exagération de l'espace occupé par le bâti à étages va donc dans le sens de l'augmentation de la surface occupée par les constructions à plusieurs niveaux.

La description des quartiers fortement construits produit des résultats, pour le bâti, très proches de la réalité, puisque la surface construite est à peu près équivalente à celle du lot. Les chances de prendre le bâti en compte sont donc très élevées. Une étude de probabilité mettant en relation

surface du bâti et surface du lot, apporterait un facteur de correction aux mesures, afin d'améliorer, par exemple, les estimations de la densité du bâti.

## 9. Déroulement de l'enquête

L'enquête s'est déroulée par étapes, entre avril et août 1990, avec la participation d'une douzaine de personnes pour les relevés et la saisie des informations.

### 9.1. Fonctionnement des équipes

L'expérience montre que la répartition du travail par équipe de deux personnes améliore l'efficacité et la rapidité, chacun ayant un rôle dans la collecte des données :

- le *marcheur* reste sur le trottoir, côté de la rue décrit ; il compte les pas et renseigne son compagnon sur la nature des objets, lorsque ceux-ci sont cachés par des murs de clôture. La taille des objets est ultérieurement restituée d'après la longueur de son pas<sup>1</sup> ;
- le *descripteur* se tient, au contraire, en recul de façon à apercevoir les arbres et les objets construits en élévation ; il remplit le questionnaire pour chaque objet dont il indique les limites au marcheur.

### 9.2. Les difficultés rencontrées

Nous avons déjà évoqué ci-dessus certaines des difficultés liées à la nomenclature des objets mise en relation avec des objets de nature-fonction composite. On remarque des imprécisions possibles entre:

- cour (code-objet *p*) et jardin (*j*) ;
- cour (*p*) et stationnement non couvert (*e*) ;

---

<sup>1</sup> La longueur de pas standard du *marcheur* est connue en calculant la moyenne des pas comptés sur 5 longueurs de 100m.

- dépôt (*d*) et terrain vague (*b*), lorsque le terrain est envahi de gravats, d'ordures, de matériaux de construction... ;
- terre agricole (*a*) et terrain vague (*b*), quand le terrain sert de pâturage ;
- usine (*f*) et immeuble de service (*is*) qui correspond aux services administratifs ou aux bureaux d'étude de l'usine.

Pour les matériaux, aucune confusion n'a été enregistrée, hormis les surfaces rocheuses (*rc*) vues comme surfaces empierrées (*p*), et une ambiguïté, il est vrai difficile à lever, entre la terre (*t*) et la poussière (*po*).

D'autres difficultés sont apparues en ce qui concerne :

- la localisation des transects parfois imprécise, par défaut de plan ou de carte actualisée ;
- la durée de l'enquête n'a pas permis de décrire le *paysage instantané*, et le début de la saison des pluies en cours d'enquête a modifié l'aspect et l'extension des surfaces végétalisées ;
- le risque irréductible de l'interprétation abusive au détriment de la simple observation ;
- l'inégalité de la perception de l'espace et des objets selon les enquêteurs.



L'exposé des principes de l'enquête a montré que la collecte de l'information de terrain est essentiellement destinée à décrire le paysage visible des quartiers. En effet, dans vingt-six zones reconnues représentatives des principales régions urbaines, les objets situés le long de transects ont été décrits selon leur taille, leur matériau, et leur nature-fonction. La prise en compte de la végétation, des caractères de la voirie et de l'ordre dans lequel sont disposés les objets... permet de contenir, dans un questionnaire, les principaux caractères du paysage que l'on cherche à mettre en relation avec ceux de l'image. Les paysages codés peuvent être

reconstruits sur deux dimensions au lieu de trois, selon différents critères, ce qui autorise la discrimination ou le regroupement des objets en fonction de la nature de l'information étudiée (morphologie, matériau...).

Cette méthode simple et rapide a rendu possible la mesure de 14.500 objets répartis sur 160 km de rues. Quelques 106 transects ont été décrits auxquels s'ajoute, pour cinq des six enquêteurs, un transect de comparaison développé sur le même parcours, soit au total 111 relevés. On notera que la collecte d'information s'est étalée sur une période de quatre mois, "à cheval" entre la saison sèche et la saison des pluies, ce qui a introduit une inégalité dans les conditions de mesure de la végétation.

Les données ont été saisies sur le logiciel Lotus, puis transférées sous Excel. Le type d'information recueillie permet une étude statistique approfondie des quartiers, en partie exposée dans le chapitre suivant.

# Chapitre 11

## Analyse de l'information de terrain, aspects généraux

---

Nous analyserons ci-après la morphologie des différents quartiers enquêtés établie d'après les principaux résultats obtenus, concernant essentiellement : le bâti, l'inter-bâti, la voirie, les matériaux de construction et la végétation<sup>1</sup>. Nous étudierons un certain nombre d'indicateurs qui nous permettront, ensuite, de réaliser une classification des quartiers (chapitre 12).

Nous serons amenés à utiliser des termes précis pour désigner ces indicateurs. Ainsi, nous emploierons parfois celui de *densité* pour désigner en particulier un nombre d'objets rapporté à une distance (par exemple : nombre de jardins au kilomètre). Ce terme peut surprendre puisqu'il est appliqué ici à un espace à une seule dimension (longueur). On fera remarquer que le terme *densité* est utilisé, indifféremment, pour caractériser une distribution d'objets sur une surface aussi bien que dans un volume, c'est-à-dire dans des espaces à deux et trois dimensions. On considèrera donc que ce terme, et qu'il peut être appliqué à un espace à une seule dimension. Nous emploierons bien entendu des unités de mesure adéquates.

---

<sup>1</sup> Cette étude est menée à partir des quatre transects confondus de chaque zone. L'analyse individuelle de chacun des transects permettrait de mettre en évidence des sous-structures et des nuances à l'intérieur de la zone.

## 1. Le bâti et l'inter-bâti

Nous avons choisi de caractériser les zones à partir de plusieurs indicateurs concernant les constructions en élévation, *cel*<sup>1</sup>. Définissons tout d'abord les indicateurs utilisés pour cette analyse.

### 1.1. Définition des indicateurs

On définit les termes des formules de calcul des indicateurs, de la façon suivante :

tableau 27 : *Quelques indicateurs de terrain.*

terme :	signification :	équivalent <i>nocel</i> :
<i>nbcél*</i>	nombre d'objets <i>cel</i>	<i>nbnocél*</i>
<i>dicél*</i>	distance totale couverte par le bâti	<i>dinocél*</i>
<i>ditot*</i>	longueur totale du transect (= <i>dicél</i> + <i>dinocél</i> )	

- la *densité du bâti*, soit le nombre de *cel* au kilomètre, en *cel/km* :  $dencél* = nbcél/ditot$  ;
- la *taille moyenne du bâti*, calculée en mètres :  $tacél* = dicél/nbcél$  ;
- la *proportion d'espace bâti* par rapport à la distance totale mesurée, en pourcentage :  
 $procel* = dicél/ditot$  ;
- l'*indice d'urbanisation\** : rapport du bâti à l'inter-bâti, calculé sur les distances :  $dicél/dinocél$ .

### 1.2. Caractérisation des zones par le bâti

Nous examinerons ci-après quelques caractères essentiels du bâti mesurés par l'enquête : la densité, la nature-fonction, les matériaux de construction, ainsi que le dynamisme de la urbain.

#### 1.2.1. Densité du bâti

La densité linéaire du bâti permet de comparer les zones entre elles, en fonction du nombre d'objets construits en élévation sur une distance standard. L'histogramme ci-après donne les

<sup>1</sup> On comprend par *cel* tous les objets codés dans les questionnaires : (ch), (cs), (is), (ih), (f), (e) + nombre d'étages, (ob) + nombre d'étages.

valeurs de la densité pour les 26 zones. On y remarque des valeurs particulièrement faibles pour les zones Z16 et Z17, secteurs de La Paz l'un et l'autre peu urbanisés : *Ejidal el Pino*, colonie encore non consolidée à l'époque de l'enquête, et le quartier industriel établi au confluent de la route de Texcoco et de l'autoroute de Puebla (voir chapitre 4).

On remarque également une faible densité de bâti dans le secteur prétendument non constructible de Chalco (zone Z12) et le quartier aisé *Jardines del Pedregal* (zone Z20), dont le bâti est souvent séparé par de vastes jardins. La densité linéaire de bâti est inférieure à 25 cel relevés par kilomètre, et correspond, sur les Plans d'occupation du sol, à des densités démographiques très faibles et faibles<sup>1</sup>.

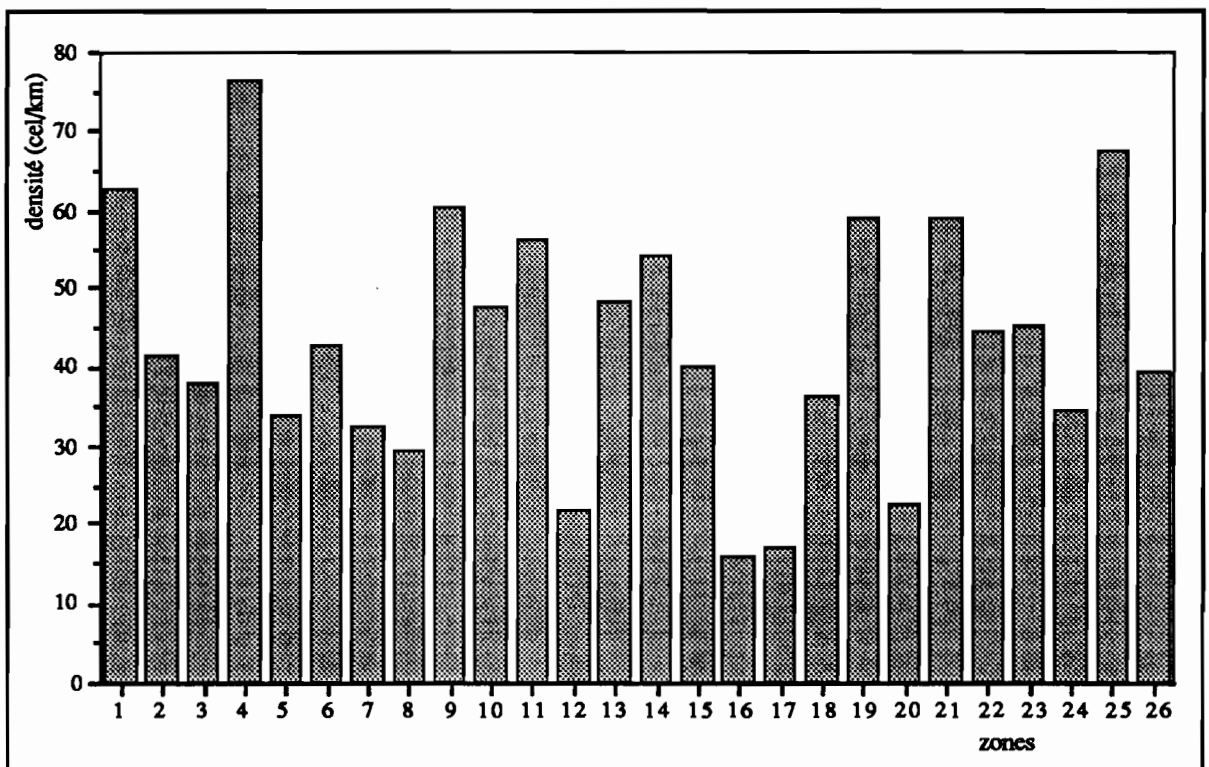


figure 108 : Densité linéaire du bâti par zone.

Plusieurs zones se distinguent par les densités *dencel* les plus fortes :

- supérieure à 70 cel/km, pour les zones Z4 et Z25 (respectivement *Nezahualcóyotl* et *San Francisco, Coyoacán*), qui correspondent effectivement à des secteurs consolidés, en formation dans les années 60-70, aujourd'hui construits de maisons en dur, souvent à étages ;

<sup>1</sup> La zone 16 est mentionnée sur le Plan comme zone à densité moyenne d'habitants, ce qui correspond plutôt à une prévision qu'à une réalité en 1990.



• entre 50 et 70 cel/km, pour les zones Z1 (colonie *Sn.Miguel Teotongo*), Z9 (*Sn.Francisco Villa*) d'Iztapalapa, la zone Z11 (*Sn.Antonio*) à Tlahuác, Z14 (*Sn.Nicolas Tototalpan*) et Z21 (*Pedregal las Aguilas*) à Tlalpan, Z19 (*Agricola Pantitlan*) délégation d'Iztacalco. Ces zones correspondent à des quartiers résidentiels densément construits, dans lesquels s'intègrent parfois des locaux industriels (zone Z19). Mis à part ce secteur, il s'agit de quartiers plus récents et plus extérieurs à l'agglomération que les précédents.

Les zones de Chalco (Z5, Z6, Z7 et Z18) présentent des densités moyennes, entre 30 et 40 cel/km, avec une densité plus forte dans le nord (dencel = 42 cel/km) que dans le sud (32 et 34 cel/km), réalité que nous avons fait remarquer au cours de l'exposé sur ce municipe. L'extrémité orientale des quartiers de Tláhuac (zone Z8) et l'extension récente de Chimalhuacán (Z3 et Z26) ont des valeurs voisines de celles de Chalco, respectivement : 29, 38 et 39 cel/km. Le plan d'occupation du sol indique un secteur non urbanisé correspondant aux zones Z7 et Z18, de densité démographique faible dans le secteur couvert par Z5, et partiellement forte pour la zone Z6.

La taille moyenne du bâti (*tacel*) et celle de l'inter-bâti (*tanocel*) nous renseignent sur les éléments du paysage ; ces indicateurs correspondent aux longueurs totales bâtie (*dicel*) et non bâtie (*dinocel*), pondérées par le nombre d'objets *cel* et *nocel*<sup>1</sup>. L'histogramme ci-après montre les tailles du bâti et des objets de l'inter-bâti (distances qui séparent les constructions).

Les trois zones, Z12, Z16 et Z17, ressortent ici pour les fortes distances qui séparent leur bâti, associées à la taille comparativement faible de celui-ci (zones Z12 et Z16) : 8,50 m et 9,30 m. On retrouve, par ces indicateurs, la spécificité de la zone Z17, à savoir le contraste dû aux grands bâtiments industriels "au milieu des champs" (*tacel* = 14 m).

On remarquera aussi la grande taille du bâti de la zone Z20 (*Jardines del Pedregal*), séparé par des distances moyennes égales à celui-ci (environ 17 m). L'assez forte valeur de l'indicateur *tacel* pour la zone Z24 (12,20 m) est lié à la présence d'immeubles collectifs et de bâtiments de

---

<sup>1</sup> Les rues n'ont pas été prises en compte dans les calculs de l'inter-bâti ci-après.

service dans le sud de la zone. Quant à la zone Z19, le *tacel* de valeur assez moyenne (10,50 m) s'explique par l'association dans l'occupation du sol de bâtiments industriels et de maisons individuelles.

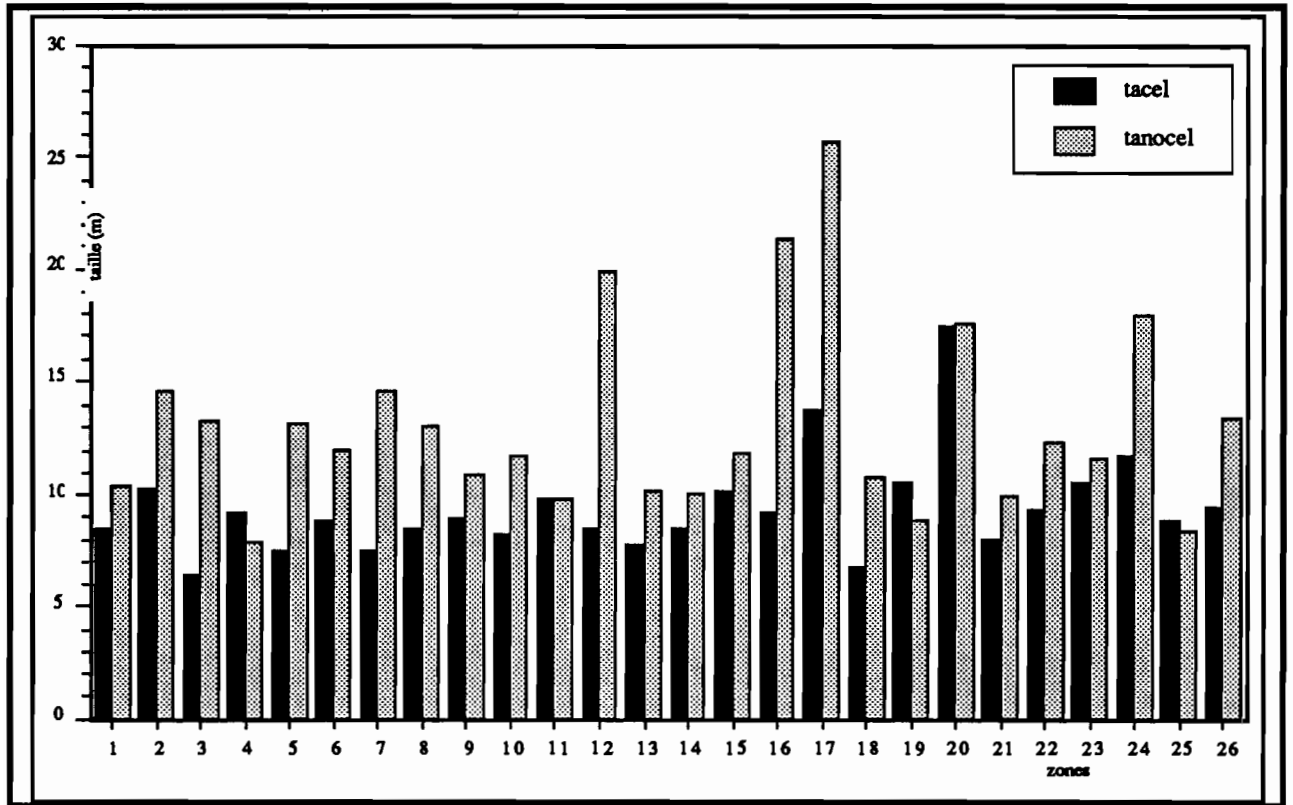


figure 109 : Tailles moyennes du bâti et de l'inter-bâti.

Les constructions les plus petites se rencontrent à Chimalhuacán nord (*tacel* de la zone Z3 = 7,50 m), et le nouveau Chalco sud (zone Z18 : 6,80 m). En effet, les secteurs récents se caractérisent en 1990 par l'absence de bâtiments de grande taille (notamment industriels ou de service), et par la faible consolidation du quartier avec un grand nombre de constructions individuelles précaires de petite taille.

L'étude des distances elles-mêmes nous apporte une information plus générale sur les relations entre l'espace bâti (*procel*) et l'espace inter-bâti (*pronocel*). On constate, figure 110 ci-après, que certaines zones se caractérisent par une proportion d'espace construit plus importante que celle de l'espace inter-bâti ( $procel > pronocel$ ). Ce sont les quartiers proches du centre de l'agglomération : zones Z11, Z19, Z25, ou situés en périphérie est dont nous avons déjà noté

les fortes densités linéaires : zones Z1, Z4 et Z9. Le proportion de longueur construite est ici supérieure à 50%.

A l'inverse, les zones peu construites ressortent sur l'histogramme avec des proportions *procel* inférieures aux proportions d'espace non bâti :

- *procel* compris entre 30 et 40% pour les zones Z2 (est), Z6 (Chalco), Z13 et Z15 (périphérie sud) ;
- *procel* inférieur à 30% dans les zones Z3, Z5, Z7, Z8, Z12, Z16, Z17 et Z18.

Les zones Z21, Z22, Z23, Z24... montrent des situations intermédiaires avec des proportions d'espace bâti comprises entre 50 et 60%.

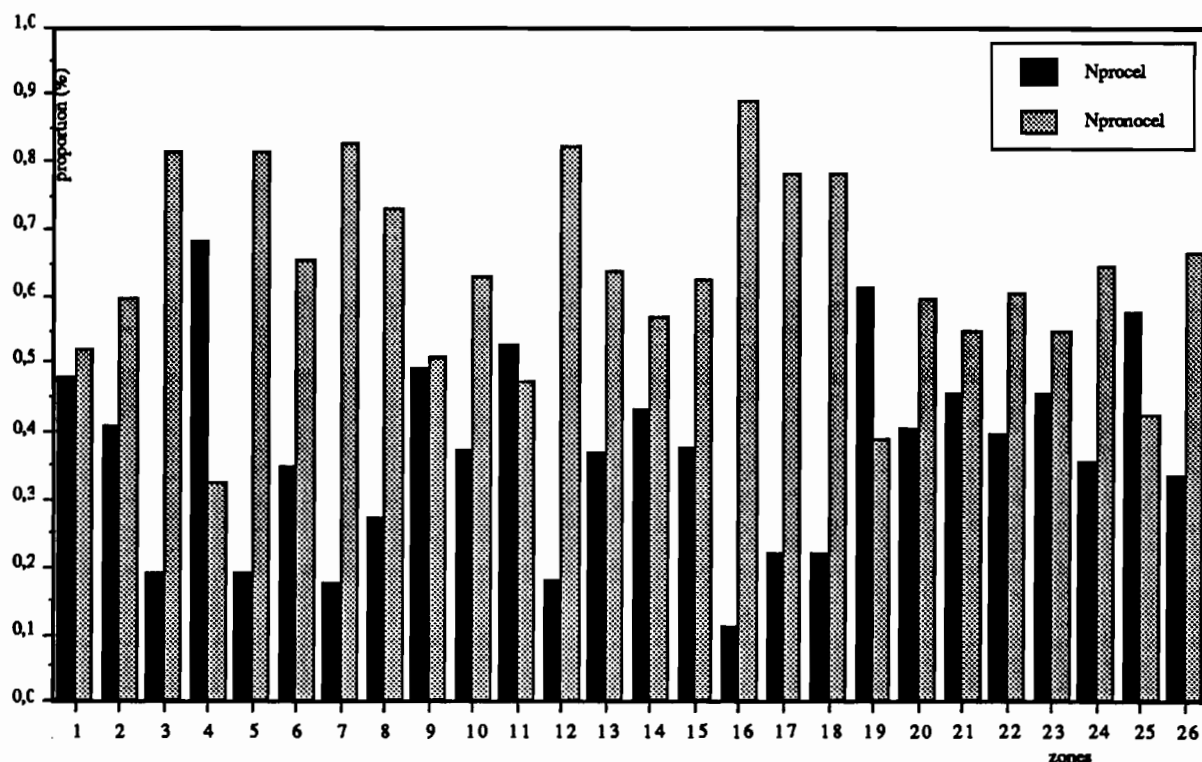


figure 110 : Proportions de distances construites et non construites.

### 1.2.2. Caractérisation par la nature-fonction du bâti

L'information concernant la présence d'immeubles à vocation d'habitation ou de service permet de discriminer essentiellement trois zones qui se distinguent par un nombre plus important d'immeubles :

- la zone Z19 (ih = 10 et is = 7<sup>1</sup>) qui correspond au quartier industriel d'Iztacalco-est avec ses *condominios* installés dans des impasses privées ;
- la zone de Nezahualcóyotl (zone Z4 : ih = 4 et is = 12) caractérisée par ses petits immeubles de deux ou trois étages dont le rez-de-chaussée est souvent réservé à une activité commerciale ;
- la zone Z23, prolongation vers le sud de Insurgentes-sur (ih = 6 et is = 16) correspond à la partie de Tlalpan désignée justement par le Plan d'occupation du sol comme un quartier d'activités économiques.

La figure 111 ci-après montre les proportions d'immeubles d'habitation et de service par rapport au nombre total d'objets cel ( $nb(ih)/nbcel$  et  $nb(is)/nbcel$ ). La figure 112 présente les mêmes proportions pour les maisons individuelles ( $nb(ch)/nbcel$  et  $nb(cs)/nbcel$ ).

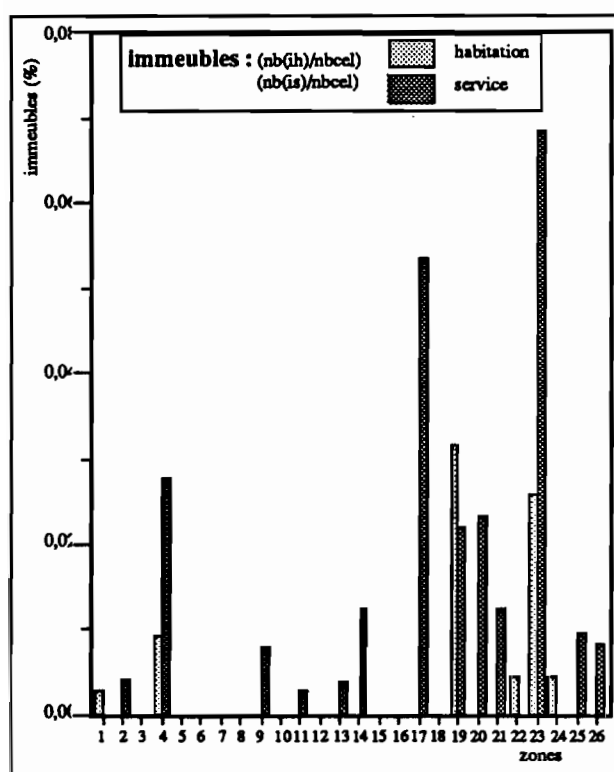


figure 111 : Proportions d'immeubles d'habitation et de service, par zone.

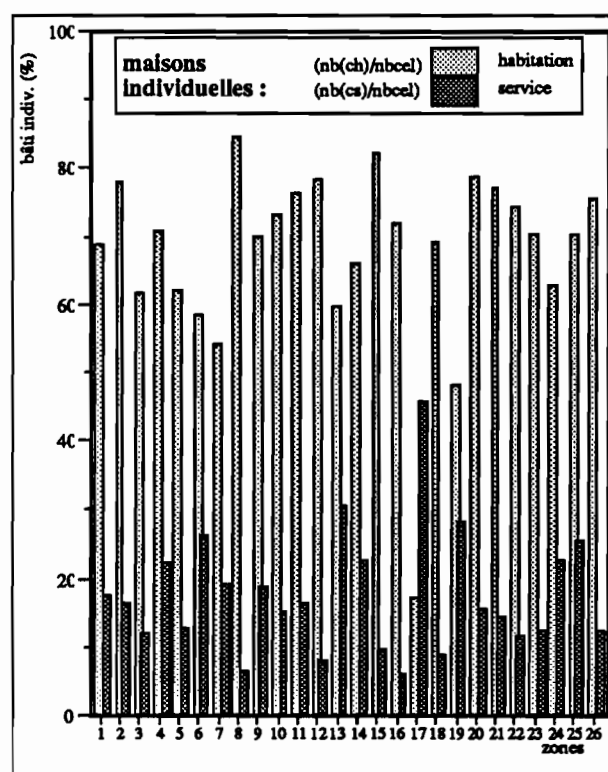


figure 112 : Proportions de maisons individuelles d'habitation et de service, par zone .

<sup>1</sup> ih : immeuble à vocation d'habitation exclusivement ; is : immeuble à vocation de service, partiellement ou totalement.

Le bâti individuel permet également la discrimination des zones (figure 112) :

- le quartier industriel représenté par la zone Z17 (ch = 16 et cs = 43) dont nous avons signalé le petit bâti, souvent informel, implanté en appui des activités lourdes de ce secteur et des activités de transport ;
- la zone Z13, également située sur un axe de communication, la route de Xochimilco-Tulyehualco, a développé une activité économique locale liée aux passages (ch = 156 et cs = 80) ;
- la zone Z19, de proportion voisine de celle de Z13, mais située dans un quartier mixte industriel/résidentiel très urbanisé (Ixtacalco) ;
- la zone Z6 (Chalco-nord, ch = 141, cs = 63) qui ressort ici pour son degré de consolidation plus élevé avec, par conséquent, des équipements commerciaux de base<sup>1</sup> plus développés, et aussi par la présence de l'axe d'urbanisation le long de l'avenue A. del Mazo (voir chapitre 5) ; la prolongation de cet axe vers le sud est sans doute à l'origine du nombre relativement élevé de maisons individuelles à vocation de service dans la zone Z7, pourtant moins consolidée (ch = 105, cs = 37).

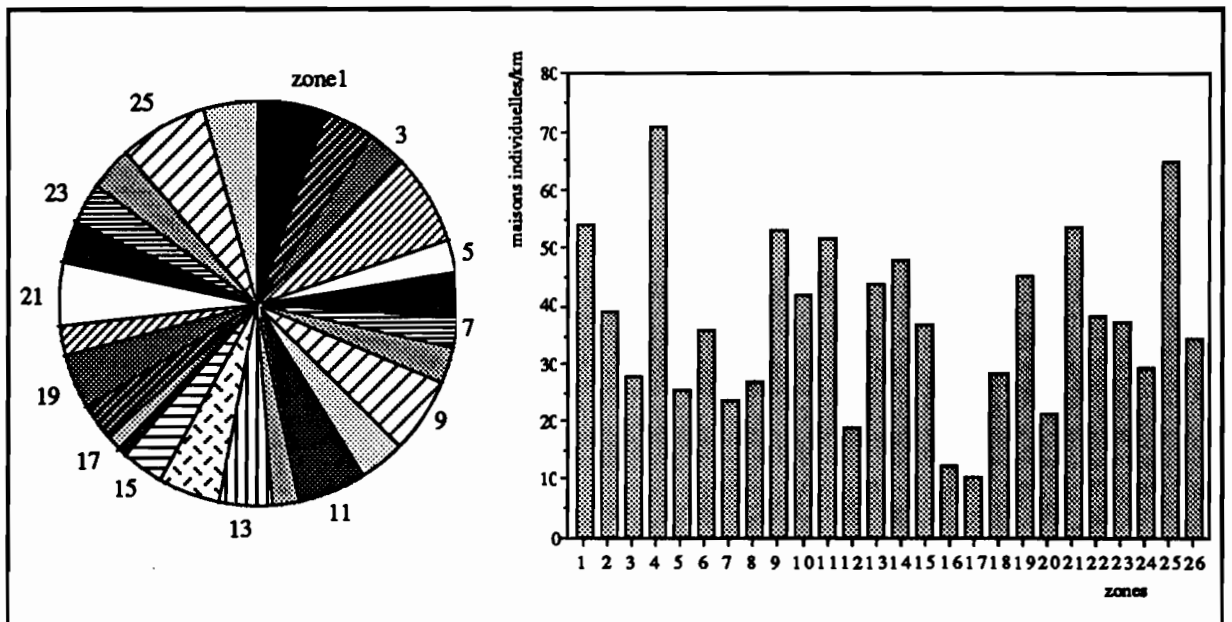


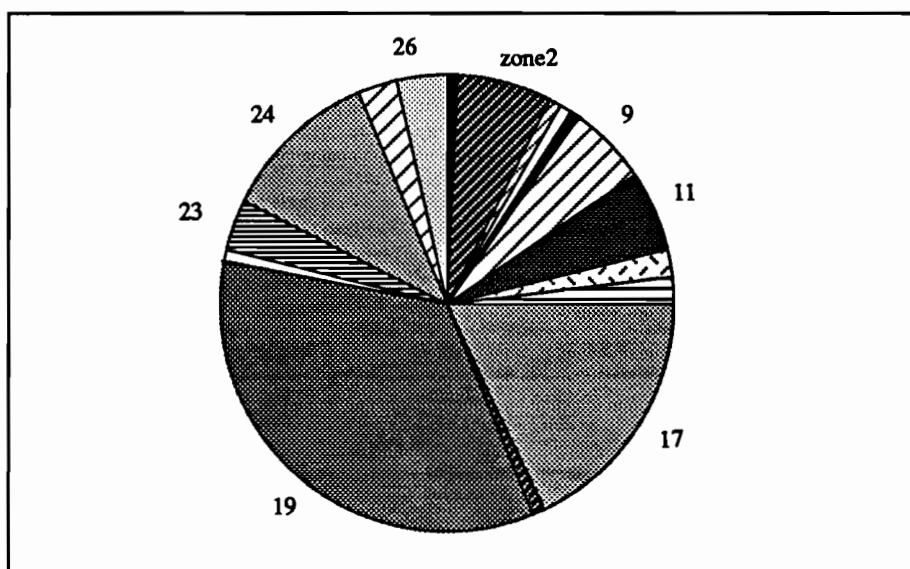
figure 113 : Répartition et densité du bâti individuel par zone<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Parmi les maisons individuelles à vocation de service, on trouve surtout les petits commerces de quartier, *tienda*, essentiellement épicerie et *taquerias* dans les secteurs peu consolidés, mais dont la diversification augmente avec l'urbanisation.

<sup>2</sup> Les grisets figurant dans le diagramme à secteurs n'ont pas de signification particulière ; ils permettent une meilleure discrimination visuelle des secteurs.

Les zones Z8, Z12, Z15, Z16, Z18... se caractérisent au contraire pour leur faible proportion de bâti à vocation de service (moins de 5% des objets cel) ; elles correspondent à des secteurs du front urbain éloignés des centres locaux et déficients en équipements commerciaux de base.

La distribution spatiale des bâtiments industriels (code *f* dans le questionnaire) montre également de fortes disparités entre les divers secteurs de cette partie de l'agglomération. Remarquons tout d'abord que sur les 107 bâtiments industriels pris en compte par l'enquête, un tiers se trouve localisé dans la seule zone Z19 qui apparaît donc comme le premier site industriel des quartiers enquêtés, le second, la zone Z17, ne représentant que 16% de l'effectif total. La figure ci-après permet de comparer les répartitions du bâti industriel dans les zones :



*figure 114 : Répartition du bâti industriel par zone.*

La figure 117 du § 1.2.4 présente, plus loin, la répartition spatiale des maisons individuelles et des bâtiments industriels par zone enquêtée.

### 1.2.3. Caractérisation par les matériaux du bâti

Nous avons caractérisé les zones enquêtées selon le matériau utilisé pour les toits du bâti. La figure 115 page suivante permet la description et la comparaison des zones en fonction des

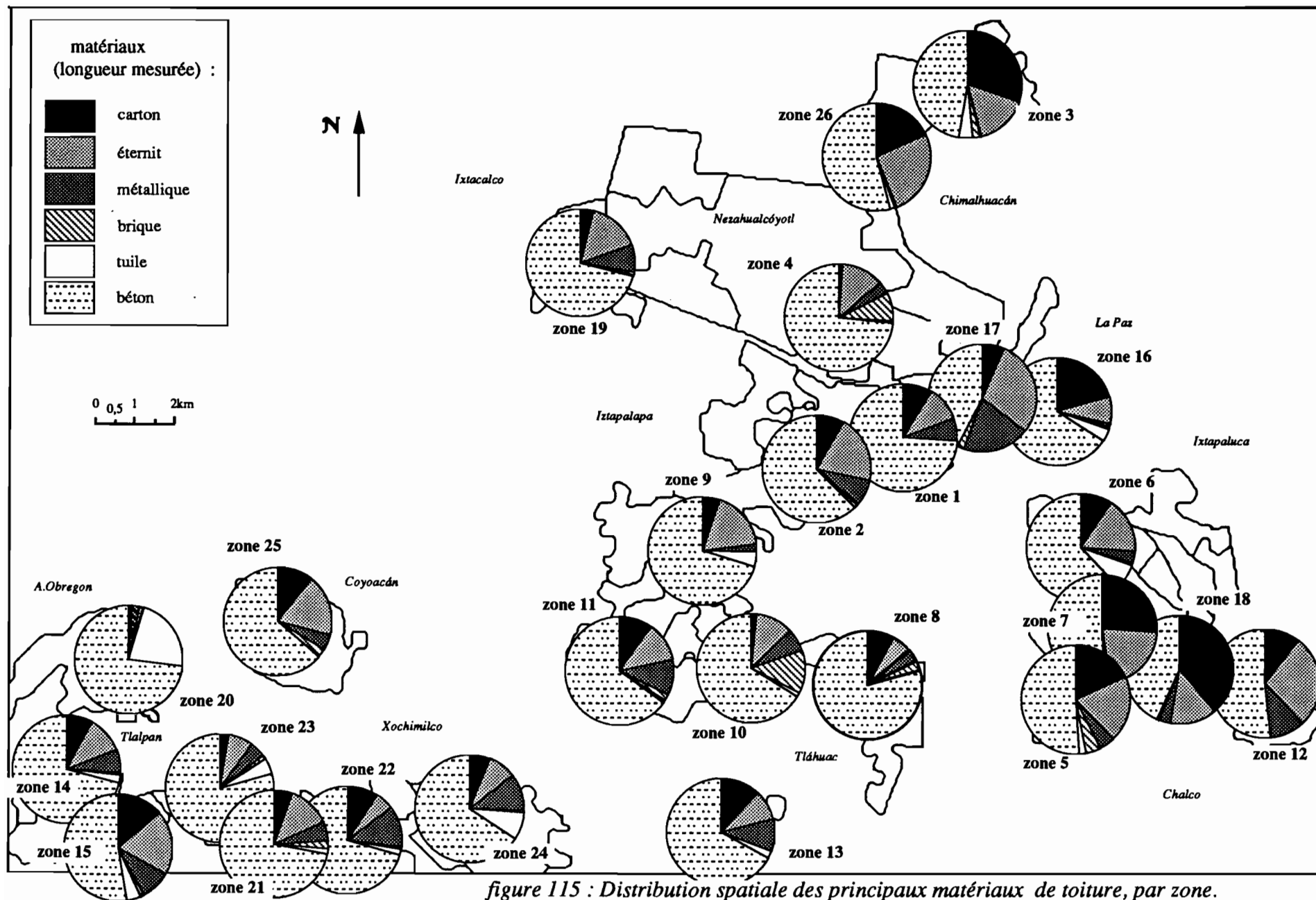


figure 115 : Distribution spatiale des principaux matériaux de toiture, par zone.

proportions des six principaux matériaux utilisés dans chacune d'elles. Les données prises en compte pour l'élaboration des statistiques sont les distances respectives couvertes par chacun des matériaux. Par ailleurs, les toits décrits sur le questionnaire comme *horizontaux*, ont été assimilés dans cette étude aux toits à dalles de béton<sup>1</sup>.

Pour l'ensemble des secteurs urbains représentés ici, on remarque une nette prédominance des toitures constituées de dalles de béton ; cependant, plusieurs types de quartiers se dégagent clairement à l'examen des nuances dans l'utilisation du béton et dans la prise en considération des matériaux secondaires :

- les quartiers est de la périphérie se signalent par des proportions de béton relativement faibles, parfois moins de 50%. Les matériaux légers, comme le carton, l'éternit et, dans une moindre mesure, la tôle métallique, couvrent une part importante des toits de ces quartiers, dans une proportion qui peut atteindre globalement 56% (Z18). On trouve également ce type de profil dans le sud de Padierna (Z15), extrémité de la zone urbanisée sur les pentes de l'Ajusco.

Nous avons vu que ces secteurs correspondent à des quartiers en pleine expansion, au bâti encore peu consolidé.

- les quartiers dont les toits en matériaux durs (béton, brique, tuiles...) sont plus répandus, couvrant entre les deux tiers et les trois quarts des distances mesurées. Les matériaux légers, surtout le carton et l'éternit, sont utilisés en proportions diverses, voisines de 10% chacun, atteignant rarement le double (zone 2, carton : 8%, éternit : 20%). Les zones de périphérie est, moins récentes que Chalco ou Chimalhuacán : Z1, Z2, Z9, Z11, Z13 et, dans le sud, les zones Z14, Z21, Z22... présentent le même profil.

Ces proportions traduisent une forte consolidation des quartiers concernés, en terme de bâti.

- certaines zones particulières se distinguent par l'usage plus spécifique d'un matériau localement privilégié :

---

<sup>1</sup> Les toits horizontaux ne peuvent être constitués que de dalles de béton, de brique ou de carrelage, ce dernier revêtement étant le moins répandu. Les toits de briques sont, dans leur majorité, recouverts d'une pellicule de ciment d'aspect très comparable au béton.



- la brique (*ladrillo*) dans la zone Z10 (13%), mais aussi Z4 (8%), qui correspond à des techniques de construction employées encore récemment, avant la généralisation du béton. La zone 10 qui inclut des établissements anciens, présente ce caractère.

- la tôle métallique (20%) et l'éternit (29%) dans la zone Z17, qui sont la marque des bâtiments industriels, en grand nombre dans cette zone. On notera que ce caractère apparaît peu dans la zone Z19, où les entreprises plus anciennes se sont elles-mêmes consolidées et où l'habitat présent dans cette zone mixte apportent ses propres caractéristiques.

- la tuile (zone Z20 avec 22% des longueurs mesurées), caractéristique du bâti ancien, ou de luxe lorsqu'il est récent, se remarque également dans les nouveaux quartiers de Xochimilco : Z24 comprend aussi des constructions anciennes.

Ces observations semblent montrer que les matériaux durables dépassent rarement les trois quarts des longueurs mesurées, dans les divers secteurs de la périphérie sud-est de l'agglomération. Le quart restant, de matériaux légers, semble omniprésent dans les quartiers stabilisés, et paraît lié aux poches de pauvreté résiduelles repliées dans les interstices des blocs consolidés.

Certains transects, comme ceux de la zone 25, montrent en effet des noyaux de précarité : groupement de constructions légères dans un contexte consolidé, à l'échelle, par exemple, de la manzana. Il existe aussi des cas isolés ou éparpillés de bâti provisoire<sup>1</sup>.

L'enquête confirme l'analyse faite sur Chalco dans la présentation géographique (chapitre 5) : la partie nord des nouveaux quartiers, décrite par la zone Z6, se révèle assez fortement consolidée (béton 62%), structures plus proches de celles d'Iztapalapa, de Tláhuac ou de Tlalpan. La zone Z18 ressemble à Z3 de Chimalhuacán (béton 44%), parce que de colonisation plus récente et encore peu avancée en 1990. Les relevés de Z5 et Z7 expriment des situations intermédiaires (béton 51%), où l'urbanisation et la consolidation par l'axe du sud se sont produites plus tardivement par rapport aux quartiers de la zone 6.

Le tableau 28 ci-dessous permet de comparer les estimations de proportions de matériaux employés pour les toits, à Chalco, selon la méthode d'enquête par transects, et le sondage réalisé par le *Projet Chalco* (voir chapitre 5, § 2). Les pourcentages produits ci-dessous à partir

---

<sup>1</sup> Dans les quartiers consolidés, les relevés mentionnent fréquemment l'existence de maisons à étage, mais à toiture légère. Il s'agit souvent de constructions provisoires posées sur le toit du bâti définitif. L'information de consolidation et de toiture légère n'est ici qu'apparemment contradictoire.

des données de l'enquête de télédétection, ont été généralisés à l'ensemble de Chalco en calculant la moyenne des résultats de nos cinq zones qui couvrent ce municipe, pour chacun des matériaux.

*tableau 28 : Comparaison des proportions de matériaux de toit d'après l'enquête de télédétection et l'enquête de Chalco (%).*

enquête :	carton	éternit	métal.	brique	tuile	béton
télédétection <sup>1</sup>						
distance	20,6	19,8	4,4	1,5	2,1	51,8
nombre d'objets	24,9	24,8	2,5	1,1	1,6	45,1
Chalco	34,7	24,3	2,3	1,4	(ss.info)	37,0

source pour le Projet Chalco : Juarez Núñez & Martinez Flores, 1990, p.V-50.

On constate que, pour l'éternit, la tôle métallique et la brique, les résultats sont très sensiblement comparables, si l'on considère le nombre d'objets, plutôt que la distance. En revanche, le carton apparaît avec une différence de près de 10% entre les deux enquêtes, et de 8% pour les toits de dalle de béton.

Les proportions calculées à partir des distances sont moins comparables, ce qui est normal, puisque le critère de description est différent de celui du *Projet Chalco* : les dimensions des objets sont prises en compte, et non leur nombre. Rappelons également que la méthode d'échantillonnage est différente pour les deux enquêtes, et que l'une et l'autre ne couvrent pas exactement le même territoire.

#### 1.2.4. Chantiers et dynamisme urbain

L'enquête a permis également de relever l'existence des chantiers : le bâti ou les équipements en construction (codes *ob* et *ob+étages* du questionnaire). Leur nombre constitue un indicateur du dynamisme de l'urbanisation du secteur, indépendamment des niveaux de densité du bâti et de consolidation captés au moment de l'enquête. Il pourrait permettre en outre des prévisions à court terme sur la croissance du quartier.

L'histogramme ci-après représente la répartition des 488 chantiers observés dans les 26 zones :

<sup>1</sup> Moyennes des zones : 5, 6, 7, 12 et 18.

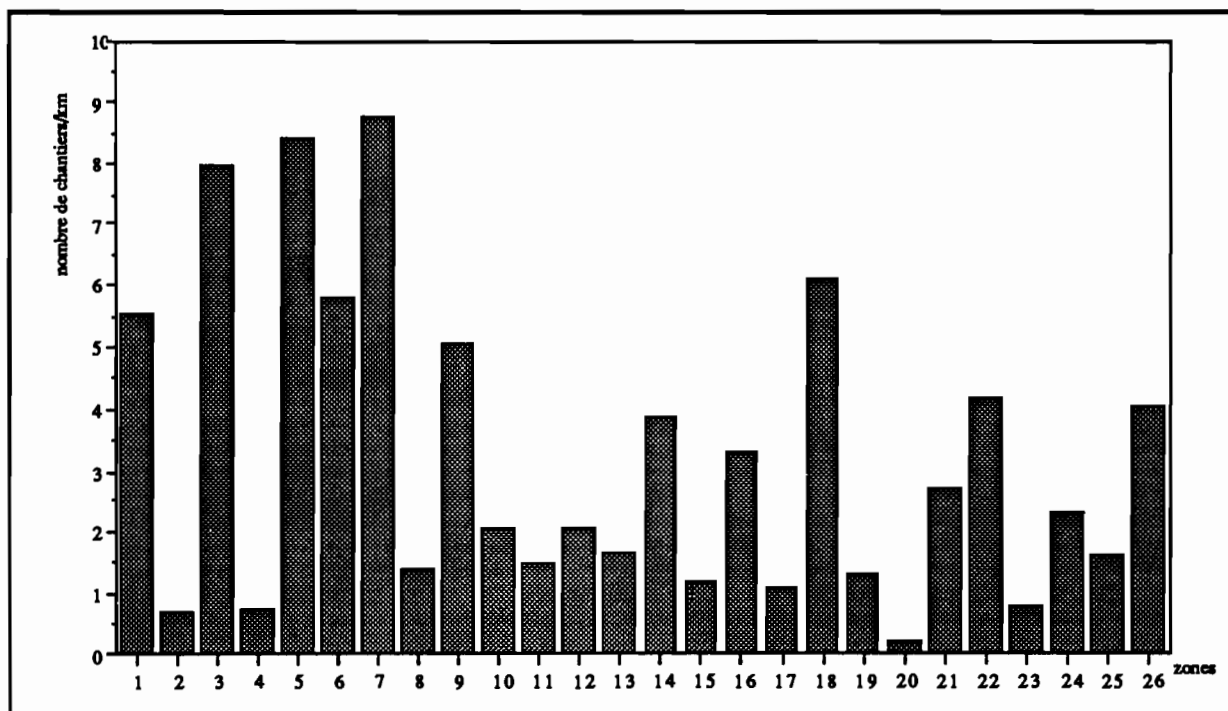


figure 116 : Répartition des chantiers par zone.

Au contraire de la répartition des bâtiments industriels, celle des chantiers<sup>1</sup> est plus uniforme. On remarque toutefois que les zones qui correspondent aux banlieues les plus récentes (Z3, Z5, Z6, Z7, Z18), rassemblent une part des chantiers plus importante que les secteurs déjà fortement urbanisés (zones Z4, Z19, Z23, Z25).

On a cartographié, figure 117 page suivante, les caractères des zones concernant les maisons individuelles, les bâtiments industriels et les chantiers.

Cette carte confirme que les zones les plus excentrées de l'agglomération, notamment celles de l'est, se caractérisent par un nombre important de chantiers, une cinquantaine par zone, soit 7 ou 8 chantiers par kilomètre de transect. Cette quantité traduit une croissance urbaine d'autant plus importante que le bâti existant est peu nombreux : 20 à 30 cel/km. L'étude du bâti en construction rapporté au bâti existant montre que le dynamisme urbain de Chalco-sud est le plus élevé ; le rapport<sup>2</sup> :

$$\text{indice de dynamisme} = [\text{nb}(\text{ob}) + \text{nb}(\text{ob}+\text{ét.})] / [\text{nb}(\text{ch}) + \text{nb}(\text{cs})]$$

<sup>1</sup> On a regroupé ici tous les chantiers, quelque soit l'avancement des travaux : avec ou sans étages.

<sup>2</sup> ...avec : nb(ob) et nb(ob+ét.), nombre de chantiers sans et avec étages ; et nb(ch) et nb(cs), nombre de maisons individuelles d'habitation et de service. On aurait pu intégrer les dépôts de matériaux de construction, comme indicateur du dynamisme présent à venir des quartiers.

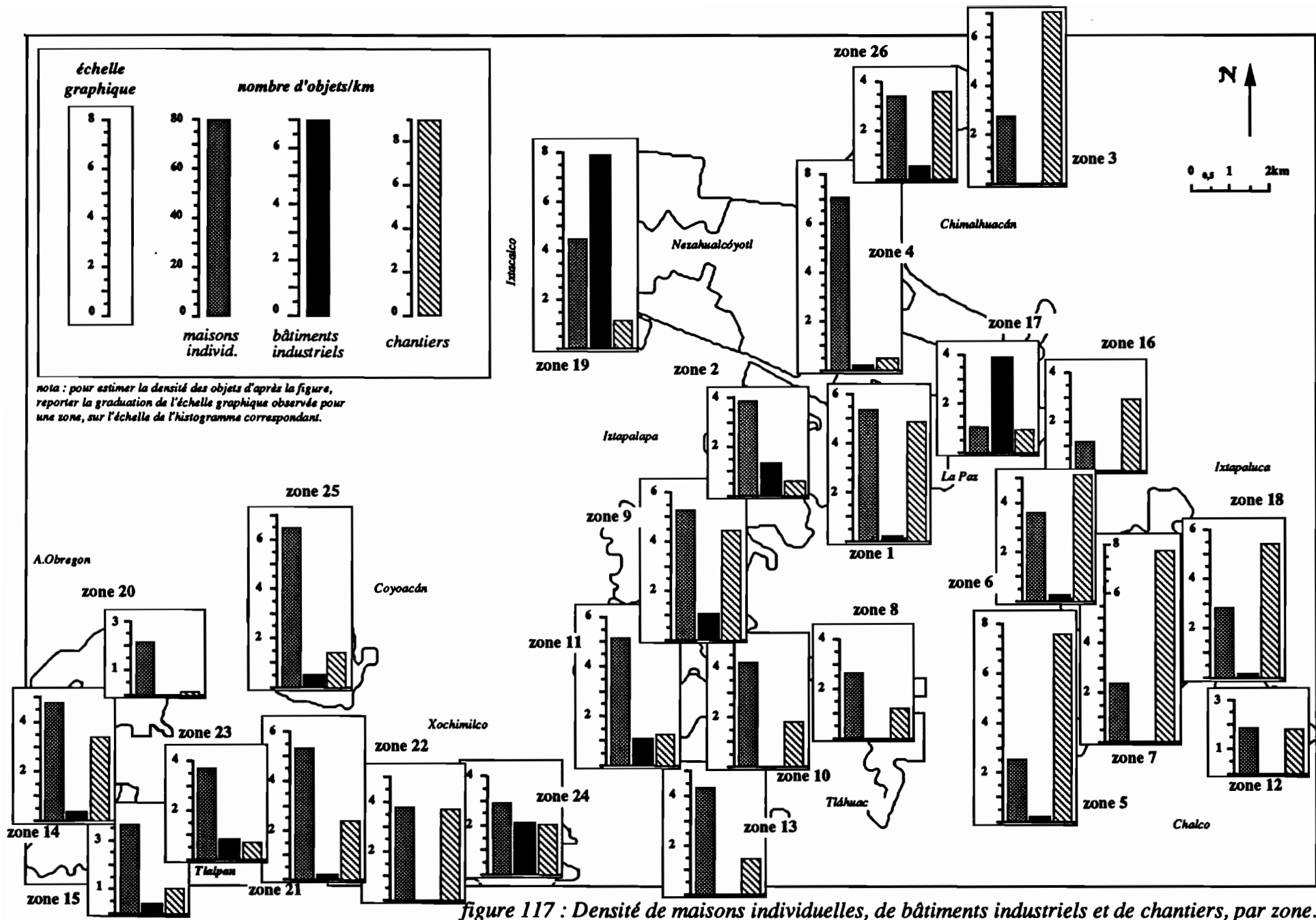


figure 117 : Densité de maisons individuelles, de bâtiments industriels et de chantiers, par zone.

...prend en effet les valeurs 0,333 et 0,373 respectivement pour les zones 5 et 7, c'est-à-dire un chantier pour trois maisons individuelles. Les zones de Chimalhuacán et de La Paz (Z3 et Z16) ont un indice de dynamisme moins élevé, quoique significatif : 0,289 et 0,269. Ce dynamisme apparaît, sur l'échelle graphique des histogrammes, par des valeurs de chantiers plus élevées que celles du bâti.

Les zones plus centrales de l'agglomération (Z26, Z1, Z9, Z22) sont caractérisées par des histogrammes dont les *bâtons* "maisons individuelles" et "chantiers" ont des valeurs proches sur l'échelle graphique. Cette caractéristique correspond à des indices de dynamisme voisins de 0,10, soit un chantier pour dix maisons, parfois avec des effectifs de bâti élevés : une cinquantaine de maisons prises en compte par kilomètre de transect. Ces secteurs ont terminé leur phase d'expansion rapide et travaillent plutôt à leur consolidation ; les chantiers observés ici correspondent à un remplissage de l'espace encore constructible et à l'amélioration du bâti existant (généralisation du bâti en dur, construction d'étages supérieurs, installation d'équipements...).

Hormis Z14, Z22 et Z24, les zones du sud se caractérisent par un nombre de chantiers très faible par rapport au bâti individuel en effectif élevé (plus de 50 objets pris en compte par kilomètre). L'indice de dynamisme est inférieur à 0,050. Il s'agit des quartiers largement consolidés, avec un paysage urbain stabilisé. Les indices de dynamisme des secteurs les plus urbanisés (Z4, Z19, Z25...) ne dépassent pas 0,030 (3 chantiers pour 100 maisons).

On a également représenté, dans les histogrammes cartographiés, le nombre d'établissements industriels pris en compte<sup>1</sup>. Les deux sites industriels d'Ixtacalco et La Paz (Z17 et Z19) se distinguent par un nombre plus important de bâtiments à usage industriel, respectivement 19 et 37 constructions de ce type, soit 7 bâtis industriels par kilomètre enquêté (7 i/km).

---

<sup>1</sup> Ce type d'enquête ne peut tenir compte que du bâti qui abrite une activité industrielle ou artisanale visible de l'extérieur, et non d'ateliers situés dans des immeubles banalisés. L'indicateur du nombre d'industries ne peut donc pas permettre une estimation du volume de l'activité industrielle du secteur.

Corrélativement, ces sites se caractérisent par un nombre important de dépôts de matériaux ou de produits (code *d*). Ces précisions numériques corroborent l'information fournie par le Plan d'occupation du sol du District Fédéral, sur les colonies industrielles *Agricola Pantitlán*, *B.Dominguez* INFONAVIT...

On notera une certaine activité industrielle dans la zone Z24 (Xochimilco, 12 bâtiments), surtout localisée sur la calzada G. Ramirez. Il existe également quelques implantations industrielles, dispersées, plus modestes, voire artisanales, dans les zones situées à Iztapalapa (Z2 et Z9) et dans l'ouest de Tláhuac (zone Z11). La fréquence moyenne de ces implantations n'excède guère 1 i/km.

On remarquera enfin l'absence presque totale de bâti de ce type dans les banlieues orientales éloignées (Chimalhuacán, Tláhuac-est, Chalco), ainsi qu'à Nezahualcóyotl, en relation avec la faiblesse de l'activité économique et du marché du travail dans cette partie de l'agglomération.

### 1.3. Caractérisation des zones par l'inter-bâti

La nature-fonction de l'inter-bâti et les matériaux de surface permettent également de caractériser les secteurs urbains.

#### 1.3.1. Caractère de l'inter-bâti

L'étude de l'espace inter-bâti met en évidence trois grands types d'utilisation du sol :

- les *terrains vagues* (*baldios*, code *b*), non voués à une occupation précise, parfois encombrés de matériaux de construction ou d'ordures, qui renseignent sur l'intensité de l'occupation des lots, et laissent envisager une densification de l'urbanisation sur ces terrains non encore bâtis ;
- les *espaces domestiques* constitués des cours (*patios*, code *p*), des jardins (code *j*), et des aires de stationnement privées (*estacionamentos*, code *e*), qui sont les espaces réservés aux

activités familiales et à leur agrément ;

- les *terres agricoles*, qui présentent encore des signes évidents d'exploitation (cultures, labours...).

On a reporté sur le fond de carte ci-après, figure 118, les grandeurs de ces trois paramètres pour chacune des 26 zones.

Cette illustration appelle un certain nombre de remarques :

- des terrains vagues subsistent dans l'ensemble des quartiers décrits par l'enquête, même en petit nombre dans des secteurs reconnus densément urbanisés (1 à 4 terrains vagues par kilomètre, Z4, Z19, Z22, Z24, Z25). Ils correspondent à des lots isolés non encore bâtis, et sont souvent l'objet d'une utilisation illégale ou transitoire (squatt, stationnement, dépôts d'ordures, de gravats ou de matériaux...).

Plus à l'extérieur de l'agglomération, vers l'est, la densité de terrains vagues augmente, ce qui correspond à la baisse de la fréquence du bâti signalée ci-dessus dans ces secteurs : Chimalhuacán, La Paz, Chalco, Tláhuac... avec toutefois une densité anormalement basse dans la zone Z7, alors que les fréquences des maisons individuelles, des chantiers et des espaces domestiques sont comparables entre les zones Z5 et Z7 (voir § 1.2 ci-dessus). Cette faible valeur peut s'expliquer en partie par la présence de l'héliport de 500 m de coté<sup>1</sup>, et de l'avenue A. del Mazo que décrit le transect n°1. Ces secteurs sont donc susceptibles de connaître encore de fortes poussées d'urbanisation, puisqu'il reste d'importantes portions d'espace vacant, avec un nombre de terrains vagues encore significatif par rapport au nombre de maisons construites (Z3 : 12 b/km pour 25 maisons construites ; Z16 : 14 b/km pour 11 maisons).

- l'espace domestique reste dans des valeurs souvent proches de 30 objets/km, plus basses lorsque la densité de construction est faible (zones 12, 16 et 17). La comparaison avec la densité de maisons individuelles montre toutefois qu'il n'existe pas de relation très ferme avec la densité d'espace domestique, alors que celui-ci est normalement lié à la présence d'une

---

<sup>1</sup> Héliport préparé à l'occasion de la venue du pape Jean-Paul II en mai 1990.

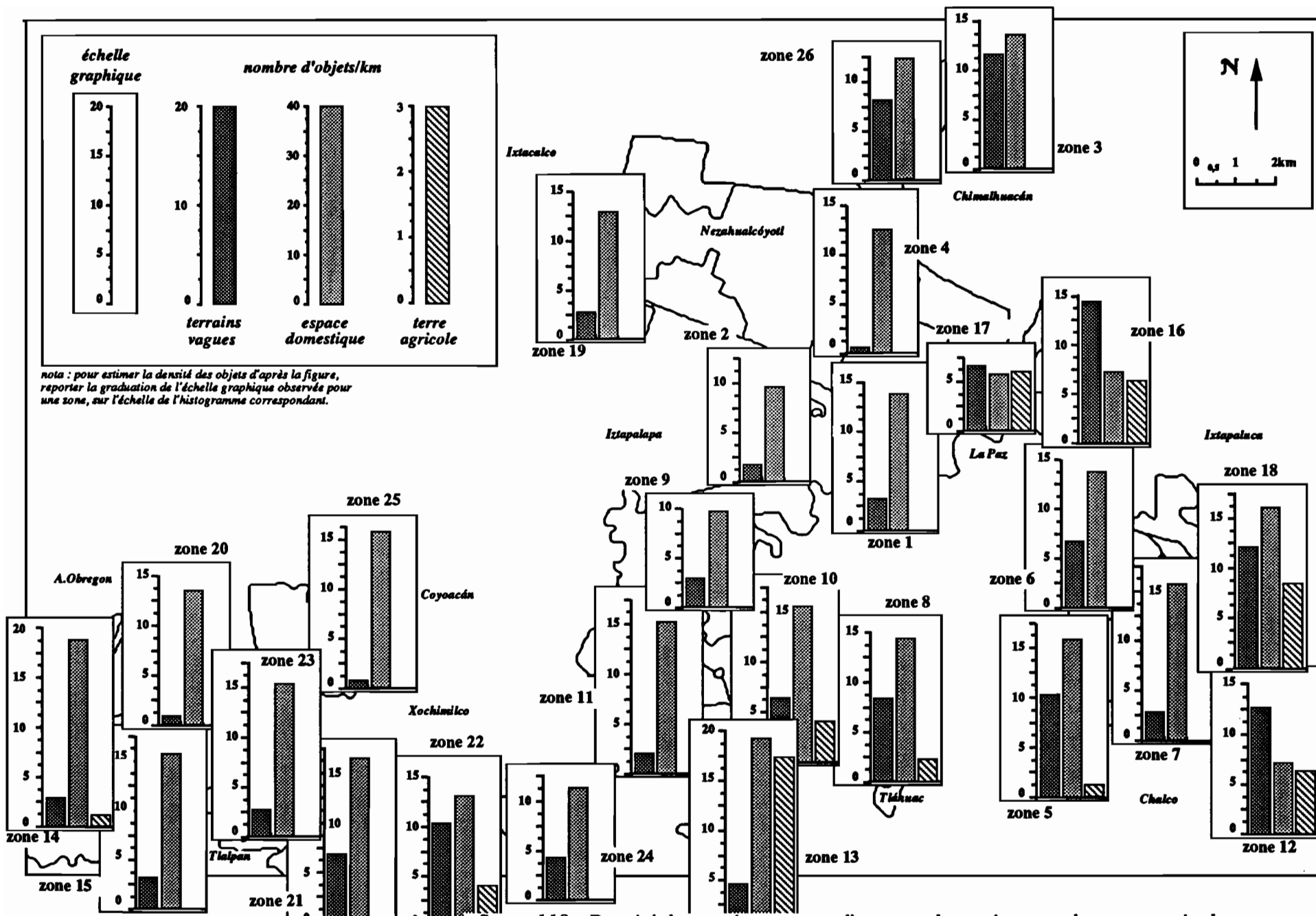


figure 118 : Densité de terrains vagues, d'espaces domestiques et de terres agricoles, par zone.



maison (exemple : à une trentaine d'espaces domestiques/km, correspondent 50 maisons individuelles/km dans la zone Z11, et 22 dans la zone Z5). Cette distorsion est liée au critère de prise en compte différent pour le bâti et pour le non-bâti (voir chapitre précédent, § 6).

- les terres agricoles sont absentes à l'intérieur de l'agglomération. L'enquête en relève au contraire un certain nombre dans le sud : Z14 et Z22, mais pas dans la zone 15 où les pentes sont assez fortes et rocheuses. La tradition agricole de Xochimilco, Tláhuac, Chalco et La Paz demeure encore visible dans les secteurs peu bâtis, l'avancement de l'urbanisation en a détruit les derniers caractères dans la zone Z6, la partie septentrionale du nouveau Chalco, la plus développée.

Les cultures visibles sont le plus souvent du maïs, et des figuiers de barbarie (*nopales*) ; lorsqu'elles occupent quelques mètres-carrés d'un lot construit, elles sont alors à usage familiale, entretenues par le propriétaire pour sa consommation.

Les enquêteurs ont par ailleurs pu confondre des pâturages avec des terrains vagues.

### 1.3.2. Caractérisation par les matériaux de l'inter-bâti

Le relevé des matériaux constituant l'espace non bâti confirment l'opposition de trois grands types de sols urbains : les sols nus, les sols à couvert herbacé et les surfaces imperméabilisées :

- les sols nus sont décrits dans le questionnaire sous divers matériaux ; la *terre* est, de loin, le matériau le plus fréquemment relevé, la *poussière* ou les éléments *rocheux* n'apparaissant que localement<sup>1</sup>.

L'enquête confirme les caractères exposés dans la partie géographique : sols nus prépondérants dans la périphérie orientale, à l'emplacement des anciens lacs salés où la végétation se développe avec difficulté. Les relevés mentionnent des proportions de sols nus supérieures à 90% à Chimalhuacán (Z3 et Z26), de couleur claire, sous forme de croûte ou de poussière.

---

<sup>1</sup> Dans le paragraphe 8.2 du chapitre 10, on a vu les confusions possibles et les difficultés survenant dans la description de certains matériaux, en particulier la terre et la poussière, la roche et les pierres... Il y a également eu hésitation entre *herbe* et *terre*, lorsque le couvert végétal est trop dispersé pour cacher le sol. On sait par ailleurs que le début de la saison des pluies a pu augmenter l'étendue des surfaces herbacées par rapport à celles des zones enquêtées en fin de saison sèche.

Celle-ci est en quantité importante à Chimalhuacán : 12 et 22%, La Paz : 10%, plus rare au nord de Chalco : 4%, ce qui est conforme à l'information exogène que nous avons exposée.

On trouve également de fortes proportions de sols nus, entre 75 et 100% des distances d'inter-bâti mesurées, à l'ouest des nouveaux quartiers de Chalco (Z5, Z6, Z7 et Z18). Par comparaison avec les prélèvements de sol du nord, les échantillons du sud sont de couleur gris sombre, aspect lié, nous l'avons signalé, à la présence d'éléments volcaniques et de matière organique dans cette partie du bassin.

Plus à l'ouest, vers les banlieues d'Iztapalapa et de Tláhuac, mais aussi de Nezahualcóyotl (Z4), on observe des sols nus en proportion de 40 à 60% des distances mesurées (75% dans la zone 2). On notera des proportions non négligeables de roche et de sol empierré dans les zones Z1 et Z9, respectivement 17 et 9%, expliquées par le développement de ces quartiers sur les pentes des cerros. Les zones 14 et 15, au pied de l'Ajusco, présentent également des éléments rocheux (composés basaltiques) et des épandages de pierres sans couvert herbacé : 21 et 9%.

La figure 119 de la page suivante résume ces caractères.

- **les sols à couvert herbacé** se trouvent surtout dans la partie sud de notre aire d'étude avec des taux d'occupation de l'inter-bâti compris entre 40 et 60% : Xochimilco, Padierna... Bien qu'établies à partir de mesures effectuées en saison sèche, ces proportions assez fortes sont en relation avec la qualité du substrat, plus fertile dans cette partie du bassin. On remarquera que ces quartiers assez urbanisés, laissent une place plus importante aux espaces végétalisés qu'à ceux imperméabilisés.

Ces espaces sont de deux natures : les jardins et les terrains vagues. Des proportions élevées s'observent également à l'est (Z16, Z17 et Z12), ces quartiers se développant très localement dans des secteurs naturels, voire agricoles. La zone 20 garde de vastes espaces sans bâti où se développe une végétation abondante, en particulier en saison sèche dans les jardins arrosés.

- **les sols imperméabilisés** sont les sols masqués par un revêtement de ciment ou de goudron. Ce dernier matériau étant surtout utilisé pour la voirie, nous n'avons envisagé ici que le revêtement à base de ciment qui couvre les aires de stationnement, les patios, les passages...

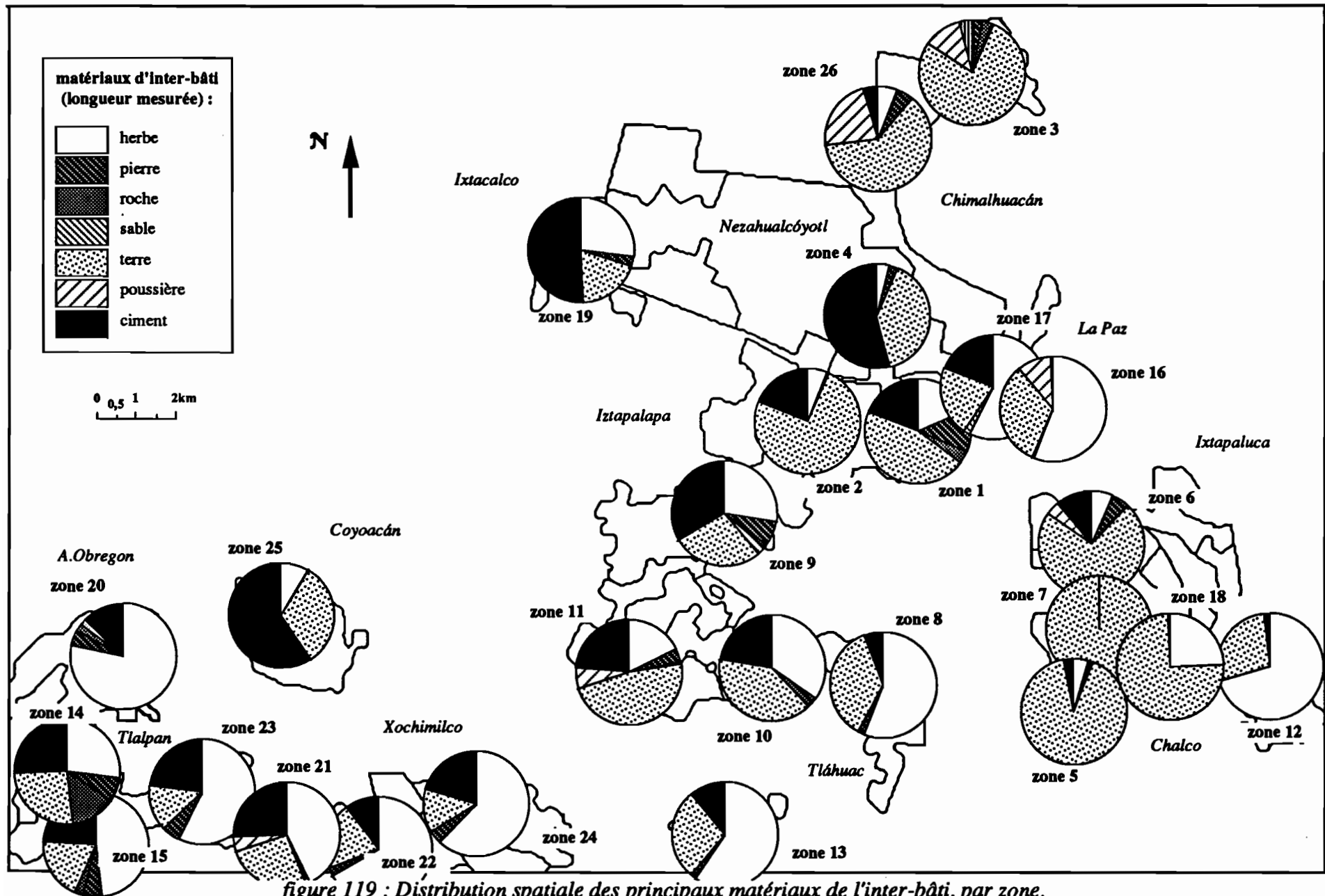


figure 119 : Distribution spatiale des principaux matériaux de l'inter-bâti, par zone.

Bien que grise à l'origine, la couleur des ciments peut varier de manière importante, en fonction du vieillissement et de l'environnement (mobilité des matériaux du sol : terre, et poussière, notamment).

L'usage du ciment est peu répandu à l'est ; dans la zone 6, au nord de Chalco, la proportion n'excède pas 11%. Les autres zones de ce secteur se caractérisent par des pourcentages très faibles, inférieurs à 5% : ce sont les quartiers peu construits, ou peu consolidés. La zone 17 ressemble plutôt aux périphéries déjà consolidées d'Iztapalapa-Tláhuac et de Tlalpan-Xochimilco, où l'inter-bâti est cimenté dans des proportions comprises entre 20 et 30%.

Trois zones : Z4, Z19 et Z25 se signalent par des longueurs d'objets *nocel* bétonnées à plus de 50% ; ce sont les quartiers populaires anciens, fortement consolidés, situés davantage à l'intérieur de l'agglomération.

## 2. La voirie

L'espacement, la largeur et le tracé des rues, entre autres, sont des éléments du paysage urbain. Les caractéristiques de la voirie et les structures de l'espace qu'elle trace, peuvent être en partie reconstituées par les données recueillies dans l'enquête :

- l'espacement des rues détermine la taille des manzanas ;
- la régularité de leur distribution spatiale : l'organisation du quartier ;
- la rectilignité du tracé : la forme des manzanas...

### 2.1. Taille des manzanas

La taille moyenne des manzanas et la variance de la distribution permettent de décrire la configuration des quartiers, en particulier la régularité des structures. L'histogramme ci-après présente la distribution des valeurs moyennes de la taille, c'est-à-dire l'espacement des rues croisées au long du transect (code du questionnaire "\*\*\*") :

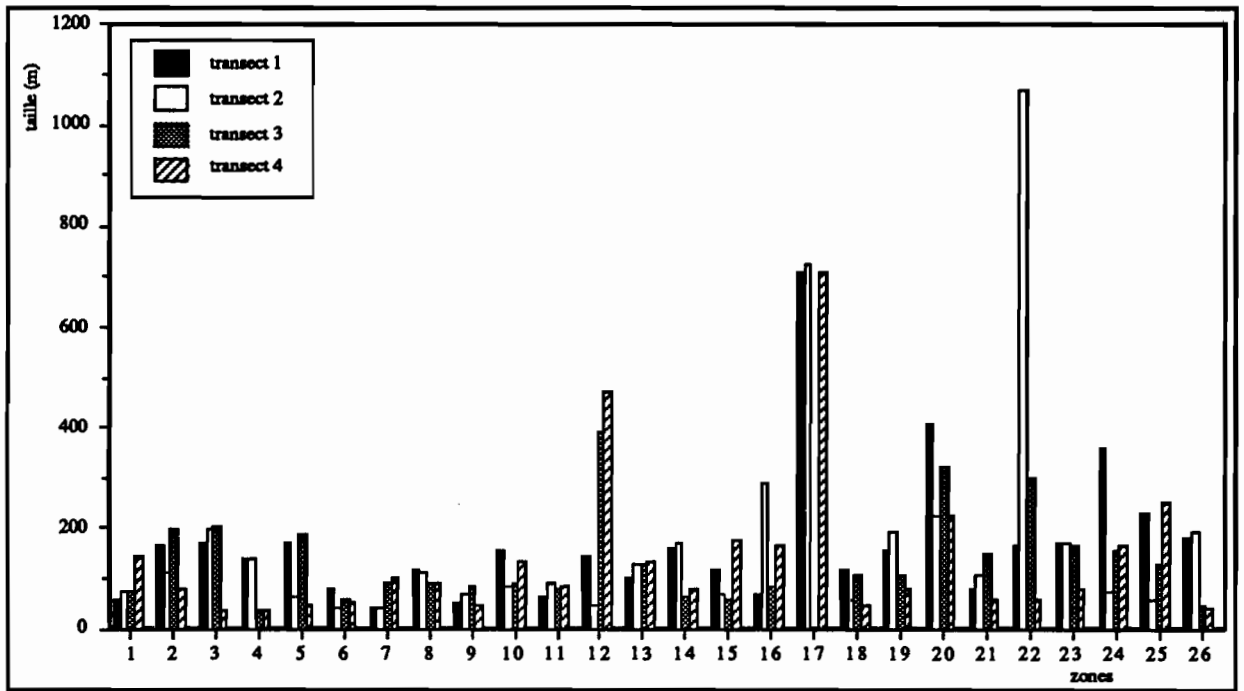


figure 120 : Tailles moyennes des manzanas, par transect et par zone.

Les valeurs de ces paramètres sont données par transect de façon à mettre en évidence d'éventuelles organisations spatiales liées à l'orientation des manzanas<sup>1</sup>. Des orientations caractéristiques ressortent en effet dans les zones :

- Z4, où les transects 1 et 2 d'orientation nord-est/sud-ouest mettent en évidence des manzanas de taille moyenne plus grande (espacement des rues : 140 m) que l'espacement mesuré au long des transects 3 et 4 qui leur sont perpendiculaires : 33 m. Les plans de Nezahualcóyotl confirment la forme rectangulaire longue et étroite des manzanas et leur orientation nord-est/sud-ouest ;
- Z5 et Z7, avec un espacement moyen de 180 m et 95 m environ des rues orientées est-ouest, et de 55 et 42 m pour les rues nord-sud ;
- Z14 et Z15, constituées de manzanas de 160 x 70 m environ, d'orientation nord-sud;
- Z3 et Z26 avec leurs manzanas de 180 à 190 m sur 30-40 m, orientées respectivement nord-sud et nord-ouest/sud-est ;
- Z8, Z10 et la zone Z6, se caractérisent dans l'histogramme par des bâtons de hauteur semblables entre eux, ce qui traduit dans les deux premiers cas la présence de manzanas

<sup>1</sup> On sait en effet que les transects sont eux-mêmes orientés dans deux directions différentes. Nota; la numérotation des transects n'est pas en relation avec leur orientation.

pratiquement carrées (88 x 113 m, et 68 x 83 m), et pour la zone 6, deux types mitoyens d'organisation orientés nord-sud, au nord de la zone, et est-ouest dans sa partie sud.

Ces quartiers correspondent aux extensions les plus récentes de l'agglomération : Nezahualcóyotl, Chalco, Chimalhuacán, Tláhuac... Ils se caractérisent par des manzanas de taille restreinte en comparaison de celles des zones 12, 17, 20, 22 et 24... Les transects 3 et 4 de Z12 se situent en effet aux limites de la partie en voie d'urbanisation observable en août 90, la rareté des voies de communication et la faiblesse de l'organisation spatiale étant liées à l'urbanisation peu avancée.

Les transects de la zone Z17 ont longé de grands axes de communication dans un secteur qui n'est pas spatialement organisé en quartier habité, mais en site industriel, avec des voies de circulation plus rares, puisque l'accès se fait directement par les axes routiers.

Les zones Z20, Z22 et Z24 correspondent à des quartiers moins régulièrement constitués, plus hétéroclites dans l'occupation de sol, avec un réseau de rues plus courtes, souvent courbes et espacées, qui se coupent à angle quelconque. Une structure transparait néanmoins dans la zone 20, bien que les transects ne soient pas parallèles.

Ces découpages de l'espace sont confirmés par l'examen des plans des quartiers correspondants.

L'analyse des écarts-types, calculés à partir de la distribution des tailles de manzanas par transect, permet d'estimer et de comparer la régularité de la taille des manzanas, c'est-à-dire la régularité de la structuration de l'espace par la voirie.

La figure 121 ci-dessous montre des irrégularités dans la taille des manzanas pour les zones Z22, Z25, mais surtout Z17 et Z20, en plus du premier transect de la zone 24. Celui-ci correspond à la calzada G. Ramirez qui draine un secteur d'activité industriel et de service sur une partie de sa longueur, jusqu'à División del Norte. Ce quartier, en bordure de l'axe de communication, se démarque donc des colonies résidentielles mitoyennes par des manzanas de

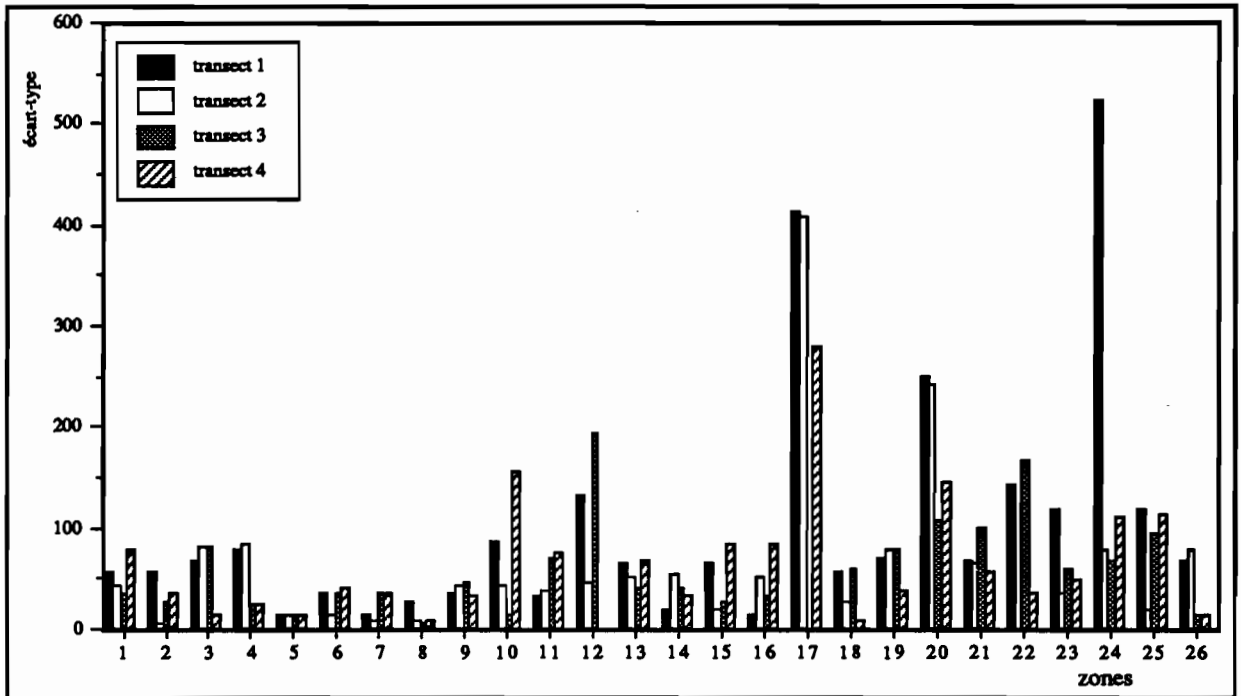


figure 121 : Ecart-types des tailles de manzanas, par transect et par zone.

tailles plus irrégulières, souvent plus vastes. Dans la zone 17, les forts écarts-types s'expliquent par la configuration encore rurale de ce secteur : chemins d'accès aux champs irrégulièrement espacés...

Les autres zones citées correspondent à des quartiers structurés en mosaïques de sous-structures réalisées à des dates différentes, certaines à des époques anciennes (secteur de Tepepan, vieux Tlalpan...). Ces quartiers s'opposent aux quartiers organisés géométriquement des banlieues est, sud-est et sud-ouest, où la régularité de la disposition du bâti en damier est exprimée par des valeurs d'écart-type plus faibles, voire très faibles (Z4<sup>1</sup>, Z5, Z7 et Z8).

La périphérie orientale (Z1, Z2, Z9, Z10, Z11), plus proche du centre, se caractérise par une organisation moins stricte que celle des banlieues plus éloignées et plus récentes (Z5, Z6, Z7), liée, pour la zone 1, à un développement sur le versant des cerros.

<sup>1</sup> Les écarts-types plus élevés pour les transects 1 et 2 de cette zone, s'expliquent par le fait que les enquêteurs ont rencontré des manzanas de longueur double, sièges de services et de commerces (marché...).

## 2.2. Rectilignité de la voirie

L'information concernant la rectilignité des rues croisées ou suivies, permet d'estimer la régularité du tracé de la voirie. Le nombre de rues croisées dont la rectilignité a été codée "c", rapporté au nombre total de rues, fournit un indicateur de comparaison des zones entre elles sur le critère du tracé. L'histogramme ci-après (figure 122) met en évidence les quartiers dont une part importante du réseau n'est pas tracée de manière rectiligne.

La forte proportion de rues courbes dans la zone Z16 (35%) s'explique par la configuration du site sur lequel se développe ce quartier : partie elle-même courbe d'un versant du cerro El Pino, aménagée de rues transversales à la pente et qui en épousent le contour. L'organisation suit donc un modèle courbe. On trouve aussi une proportion non négligeable de voie à tracé courbe (15 à 20%) dans les quartiers d'origine ancienne ou de construction préméditée dans le sud : conception esthétique de la zone Z20, regroupement complexe de micro-quartiers dans les zones 23 et 24, mais aussi des zones Z21 et Z22, moins caractérisées ici par la courbure des rues.

Les proportions de rues courbes par rapport au nombre total de rues ( $\text{nb}(\text{crb})/\text{nb}(**)$ ), sont représentées par la figure ci-dessous :

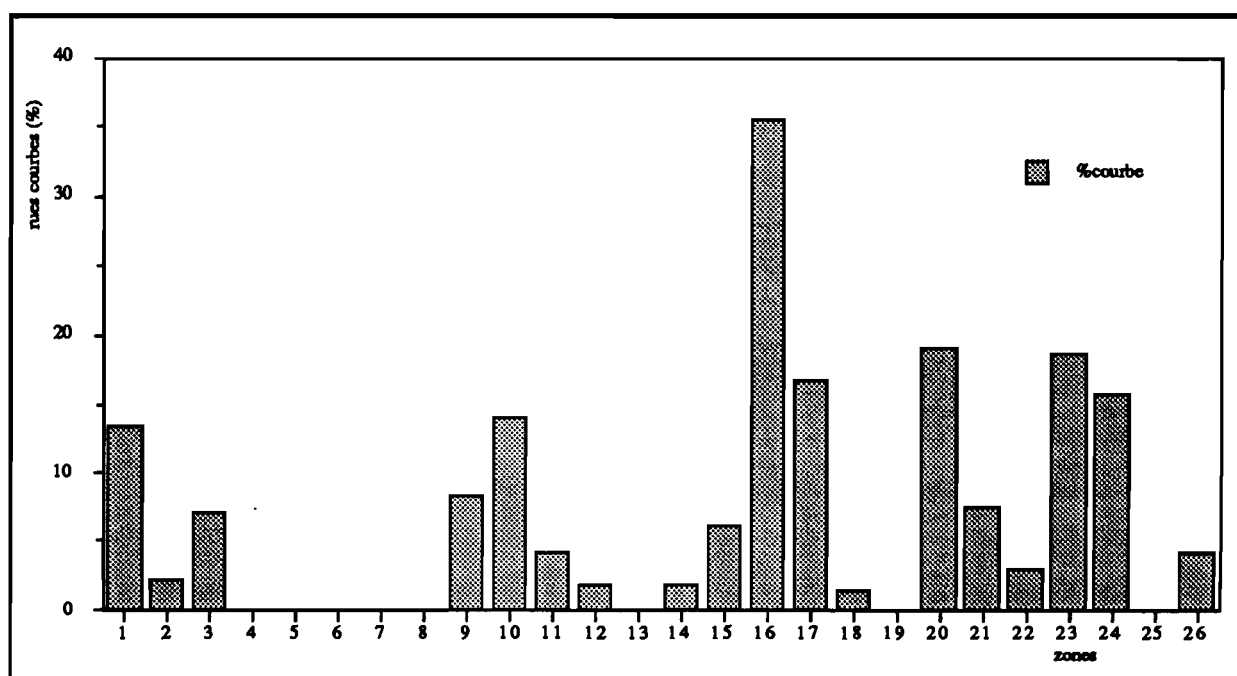


figure 122 : Proportions de rues à tracé courbe, par zone (%).



Le déploiement des quartiers récents de Chimalhuacán (Z3 et Z26) autour du cerro se traduit par la présence de rues courbes, celles disposées concentriquement, mais la proportion est réduite à environ 5%, par le grand nombre de rues rectilignes disposées radialement (voir chapitre 4, § 2). Le tracé de la voirie dans les zones Z1 et Z10 est influencé par la présence du piémont nord et sud des cerros Xaltepec et Tetecon, ce qui explique un pourcentage assez fort de rues courbes ou en ligne brisée : environ 15%.

La distribution des parcelles agraires de la zone 17 explique la présence des chemins d'accès non rectilignes, en proportion assez forte : près de 20%.

Un certain nombre de zones se caractérisent au contraire par l'absence de voie courbe ; ce sont les zones décrivant les quartiers de Nezahualcōyotl (Z4), de Chalco (Z5, Z6, Z7, Z12, Z18), de Tláhuac (Z8), et les quartiers plus anciennement et densément urbanisés (Z19, Z25). Cette information sur la rectilignité du réseau de voirie complète celle sur l'organisation géométrique des manzanas analysée § 2.1 pour ces zones.

### **2.3. Matériaux de revêtement de la voirie**

Les matériaux de revêtement de la voirie fournissent également une indication sur le degré de consolidation des quartiers, notamment dans la distinction des rues goudronnées (code matériau *af*), de celles qui n'ont pas encore reçu de revêtement spécifique. L'histogramme ci-après a été établi à partir du nombre de rues goudronnées par rapport au nombre total ( $\text{nb}(af)/\text{nb}(**)$ ) ; il montre une grande disparité entre les quartiers, quant au revêtement de la voirie.

On remarque tout d'abord l'absence totale de rues goudronnées, ou leur rareté, dans les zones 3, 5, 6, 7, 12, 16, 18 et 26, qui sont les quartiers les plus éloignés de l'agglomération et les plus récents : Chimalhuacán, La Paz et Chalco. Selon la nature du sol, ces rues sont couvertes

de poussière et de terre sur les étendues plates des anciens lacs, matériaux indurés par le passage répété des populations et des véhicules.

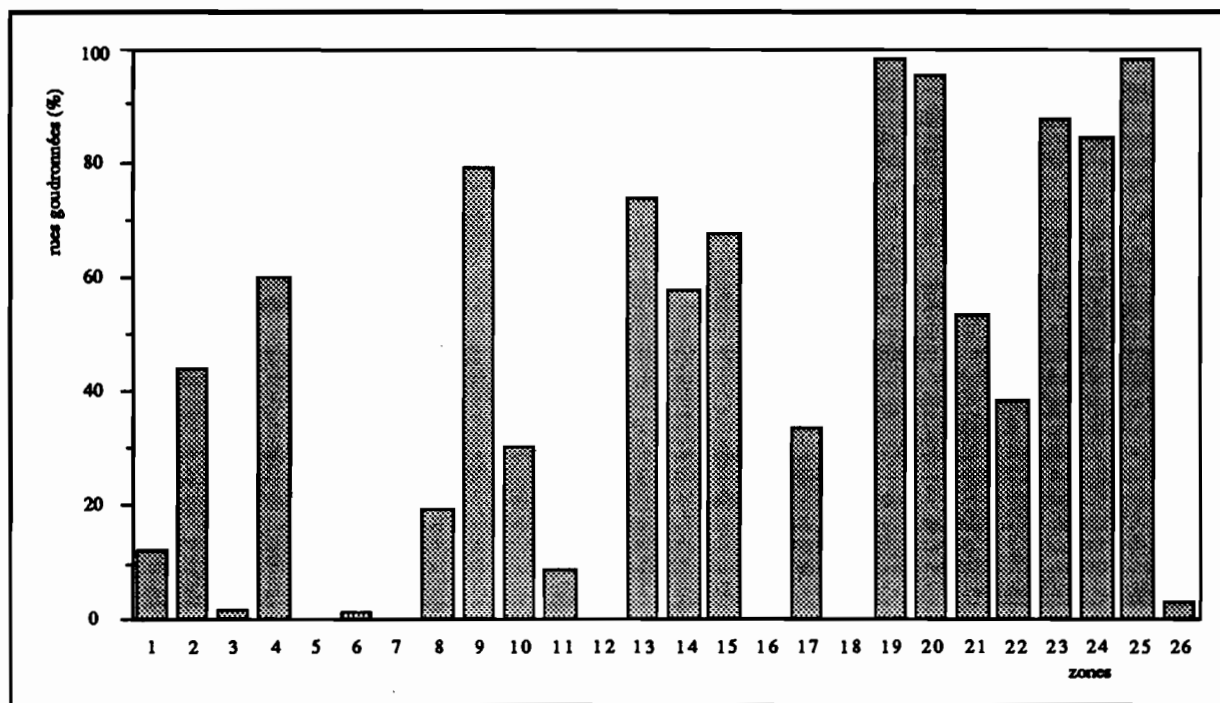


figure 123 : Proportion de rues goudronnées dans le réseau, par zone (%).

Au contraire de ces quartiers neufs, les secteurs plus anciens sont mieux équipés et disposent notamment d'un réseau de voirie urbaine achevé, comme il en ressort des fortes proportions de rues goudronnées dans les zones 9, 19, 20, 23, 24 et 25 : 80 à 100%. La zone 20 correspond à un tissu urbain plus relâché, mais parfaitement équipé, puisque quartier résidentiel de luxe, tandis que les secteurs Z19 et Z25 décrivent des quartiers densément équipés, que nous avons déjà signalés sur l'ensemble des données d'enquête comme les plus fortement urbanisés. On remarquera la proportion relativement faible des rues goudronnées de Z4 (60%) qui reste sous-équipée, malgré un niveau de consolidation assez avancé ; cette faible proportion explique la persistance d'une forte poussière issue du sol salin, malgré la densité de construction.

On observe enfin des étapes intermédiaires dans l'équipement en voirie des quartiers sud : Z13, Z14, Z15, Z21 et Z22. Selon le substrat, en particulier sur le versant de l'Ajusco, les rues sont souvent empierrées avec des matériaux prélevés localement (roche de l'Ajusco de couleur

noire). On observe un autre cas d'empierrement généralisé dans le sud de la zone 1, sur le versant des cerros Xaltepec et Tetecon (pierres grises).

### 3. La végétation

La végétation constitue un caractère important des paysages urbains visibles, souvent en relation avec la densité de construction, l'ancienneté du quartier, mais aussi avec le type d'urbanisme, lui-même expression du niveau socio-économique des habitants. En télédétection, la végétation active est facilement repérable grâce aux données fournies par les bandes spectrales du proche infrarouge, et de nombreux auteurs ont utilisé cette information pour l'analyse des tissus urbains, voire la délimitation des limites d'une agglomération (De Meerschmaker, 1986 ; Thibault, 1986 ; Dureau, Duchemin et al., 1988). Nous avons donc cherché à préciser les caractères de ce thème contenu dans le secteur d'étude, accessibles par la description des couverts arborés et herbacés.

La figure 124 ci-après montre la quantité de végétation mesurée et sa répartition sur le terrain. La *couverture arborée* est l'espace sous couvert d'arbres, reconstitué d'après l'estimation de l'enquêteur du pourcentage de la longueur de l'objet courant compris sous le feuillage (colonne *arbol* du questionnaire). Le couvert herbacé est la longueur de l'objet dont le matériau a été décrit comme *herbe* (code *h*; voir ci-dessus). L'enquête ne fournit pas d'indication concernant la qualité de cette végétation, végétation verte ou sèche ; la date du relevé offre en revanche un renseignement utile sur l'état général de la strate herbacée selon la saison<sup>1</sup>. Ce critère est porté sur la figure 124 de la page suivante.

La caractérisation des zones par leur quantité de végétation appelle plusieurs remarques :

- la végétation est globalement concentrée dans la partie sud de la zone d'étude, ce qui correspond, à l'ouest, aux versants de l'Ajusco (Tlalpan, Xochimilco), et à l'est, à des régions

---

<sup>1</sup> L'enquête s'est déroulée en deux étapes : avril-mai, soit en fin de saison sèche, et juillet-début août, en début de saison des pluies. On notera toutefois que des pluies en février-mars ont marqué l'année 1990, atténuant quelque peu la sécheresse d'avril-mai.

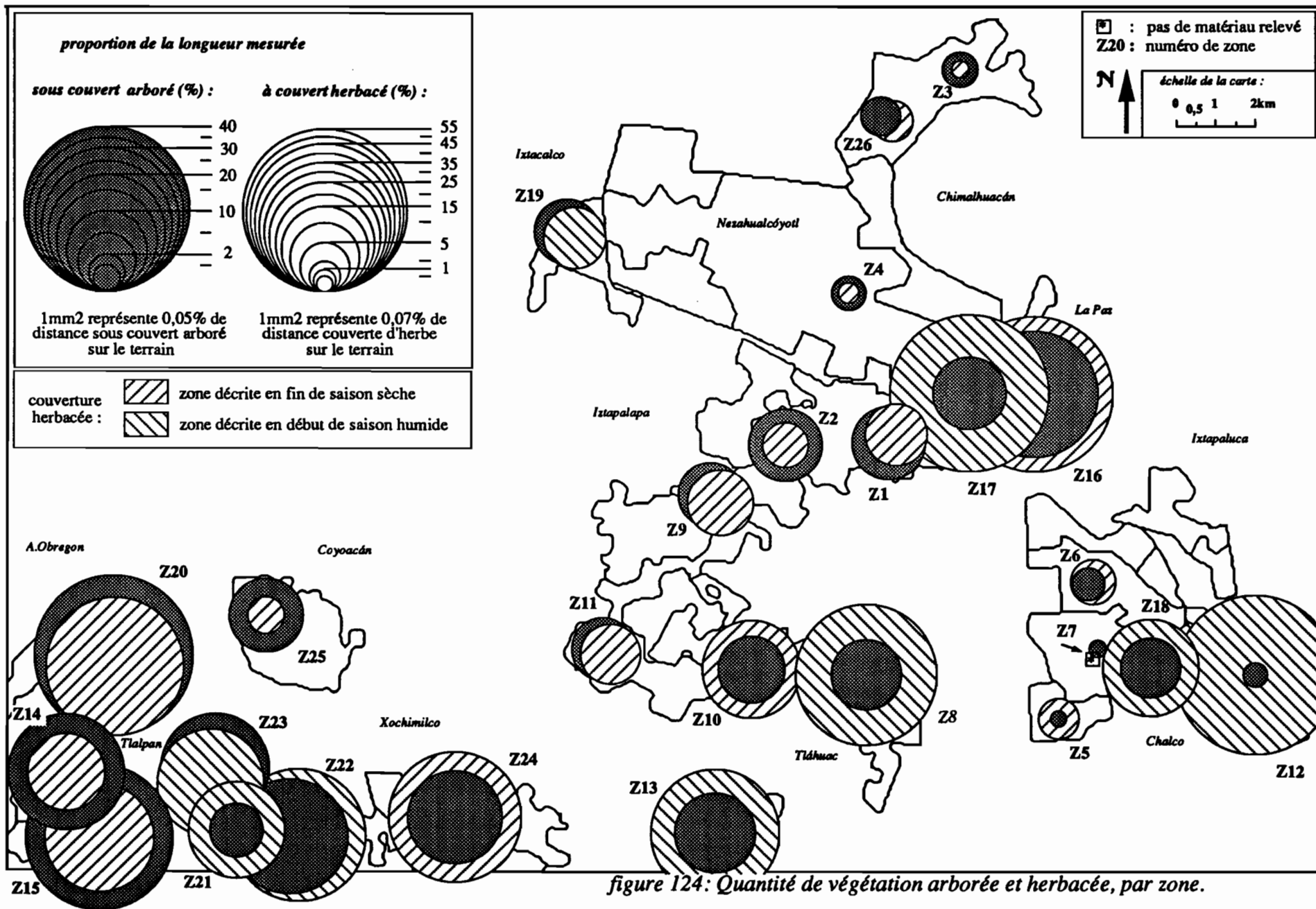


figure 124: Quantité de végétation arborée et herbacée, par zone.

plates encore utilisées, au moins partiellement, à des fins agricoles, notamment pour l'élevage (Tláhuac, Chalco). Plus au nord, à La Paz, il existe également une forte présence de la végétation qui correspond au contact des terres peu ou pas urbanisées de El Pino, avec les limites de l'agglomération.

La végétation est au contraire réduite dans les extensions orientales conurbanisées de la ville : Chimalhuacán, Nezahualcóyotl, Iztapalapa, ou distantes : Nouveau Chalco ;

- les arbres sont nombreux dans les zones du sud-ouest, prolongation vers les terres basses des secteurs forestiers d'altitude, ainsi que dans la zone 16 (24% des longueurs mesurées sont sous couvert d'arbre), également zone de versant arboré. Les arbres sont plus nombreux ou plus imposants dans la zone 15 (32% sous couvert arboré), en limite d'agglomération, que dans Z14 (20%). Le secteur Z20 ressort avec la plus forte proportion de couvert d'arbre (37%), caractère en relation avec le nombre, l'importance et la qualité des jardins de ce quartier.

Le nombre des arbres et leur taille décroissent vers l'est et surtout vers le nord ; ils sont pratiquement inexistant dans la partie sud de Chalco (0,5% de longueur couverte), à Chimalhuacán (2%) et Nezahualcóyotl (1,8%). Les zones disposées autour des cerros Xaltepec, Tetecon, la Estrella... ont une couverture arborée intermédiaire, comprise entre 5 et 8%, valeurs égales à celles des quartiers densément construits, plus centraux : Z19 (6%) et Z25 (8%) ;

- l'interprétation des données concernant les longueurs herbacées requiert davantage de prudence, puisque les relevés n'ont pas été effectués à la même saison. L'enquête permet tout de même l'observation de tendances proches de celles rassemblées à propos des arbres. On y retrouve l'abondance de cette strate de végétation dans le sud-ouest, notamment Z20<sup>1</sup> (39%), et dans le sud-est, secteurs qui correspondent aux pâturages développés sur les terres humides (Z18 et Z12 : 19 et 52% de longueurs herbacées). La végétation d'origine, herbe drue et de faible hauteur, assimilable à du gazon, est cependant largement entamée par l'activité urbaine.

---

<sup>1</sup> On peut penser que les relevés concernant le couvert herbacé restent relativement constants dans l'année, puisque les jardins de cette zone sont entretenus et arrosés en saison sèche.

Plus au nord, dans les zones 16 et 17, on retrouve de vastes extensions herbues, 50 et 51%, couvert cependant moins dense sur les pentes du cerro El Pino que dans le bassin. Les secteurs de l'agglomération à très faible couvert herbacé (0,5 à 9%) sont identiques à ceux signalés pour la faiblesse du couvert arboré : Chalco, Chimalhuacán et Nezahualcóyotl, ainsi que les zones urbanisées Z19 et Z25.

On note l'absence totale de strate herbacée dans le centre du nouveau Chalco (Z7 : 0%), selon les relevés réalisés en saison sèche.

L'information d'enquête peut également être résumée sous formes graphiques.

## **4. Représentations globales**

Parmi les nombreuses représentations graphiques possibles, certaines permettent une visualisation et une comparaison directe des zones représentées selon un critère donné. On trouvera ci-après quelques exemples de reconstitution globale d'espaces mesurés : les profils de zone, les coupes urbaines et les séquences de dispersion.

### **4.1. Profils de zones**

La reconstitution graphique des transects permet une comparaison des caractères propres des zones qu'ils décrivent. L'illustration ci-dessous (figure 125) donne quelques exemples de profil de zone résumant l'information sur les implantations de la végétation (arborée et herbacée) dans les quartiers.

On remarque la rareté de la végétation au sud-ouest (zone 5) et l'absence d'arbres, mais la forte fréquence des couvertures herbacées dans le sud-est agricole (Z12) des nouveaux quartiers de Chalco. Le secteur Z4, représentant Nezahualcóyotl, correspond à un site urbain qui se

caractérisé par le faible nombre d'arbres et l'absence presque totale d'espace inter-bâti où peut se développer une végétation herbacée spontanée. Les composés salins du solontchak et la sécheresse freinent par ailleurs le développement de ce type de végétation.

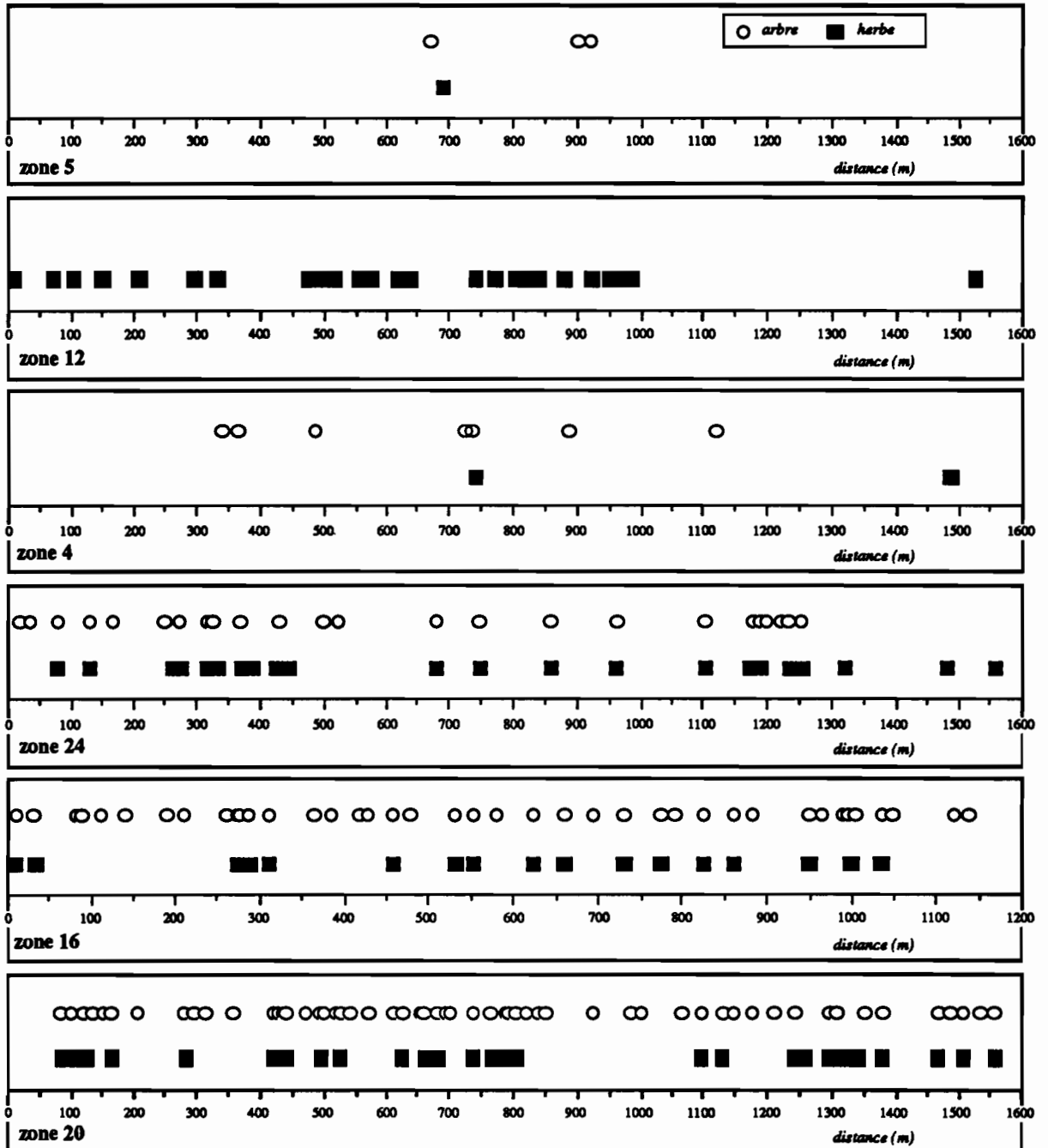


figure 125: Quelques profils de végétation<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Dans ce type de représentation, les symboles indiquent les lieux et la fréquence des implantations sur un transect, et non leur extension spatiale.

Les zones urbanisées du sud (Z24 et Z20) présentent au contraire davantage de végétation, rassemblée essentiellement dans des jardins ou des parcs, mais également dans des terrains vagues. La végétation se présente aussi bien sous forme de couverts herbacé que sous forme arborée, en grand nombre. Toutefois, cette représentation ne montre pas les grandes différences d'état de la végétation : la qualité du sol, jointe à l'intervention humaine, maintient les jardins de Z20 dans un état bien meilleur à celui de la végétation de la zone 16, moins urbanisée, mais aussi moins favorisée.

#### 4.2 Coupes urbaines

Les informations concernant les matériaux et la morphologie peuvent être regroupées dans un même schéma. On obtient alors une reconstitution du quartier, sorte de coupe à l'échelle du paysage urbain. Les cinq exemples de coupe urbaine ci-après (figure 126) restituent l'extension au sol, la hauteur, les emplacements respectifs et les matériaux de surface des objets (*cel et nocel*), ainsi que les arbres, qui confèrent à chaque zone son caractère propre<sup>1</sup>.

Ce mode de représentation permet une description et une comparaison rapides des zones. Le transect de Z3 rappelle les caractères plus importants :

- dispersion et petite taille du bâti<sup>2</sup> ;
- corrélativement, importance des distances qui séparent le bâti ;
- légèreté des principaux matériaux utilisés pour les toits : fibro-ciment, carton ;
- absence de végétation et omniprésence de la terre...

A l'opposé, on observe dans les zones Z4 et Z25 :

- une forte densité du bâti, souvent des bâtiments accolés ;
- la forte fréquence d'un bâti à deux niveaux ou plus ;
- une nette prédominance du béton ;

<sup>1</sup> Pour des raisons de place, seuls, les cinq cents premiers mètres du transect choisi ont été représentés.

<sup>2</sup> La nature de la mesure par transect contraint à une certaine réserve en ce qui concerne l'observation d'un regroupement du bâti par "paquets". Cette constatation sur la coupe peut toutefois suggérer une recherche plus approfondie.



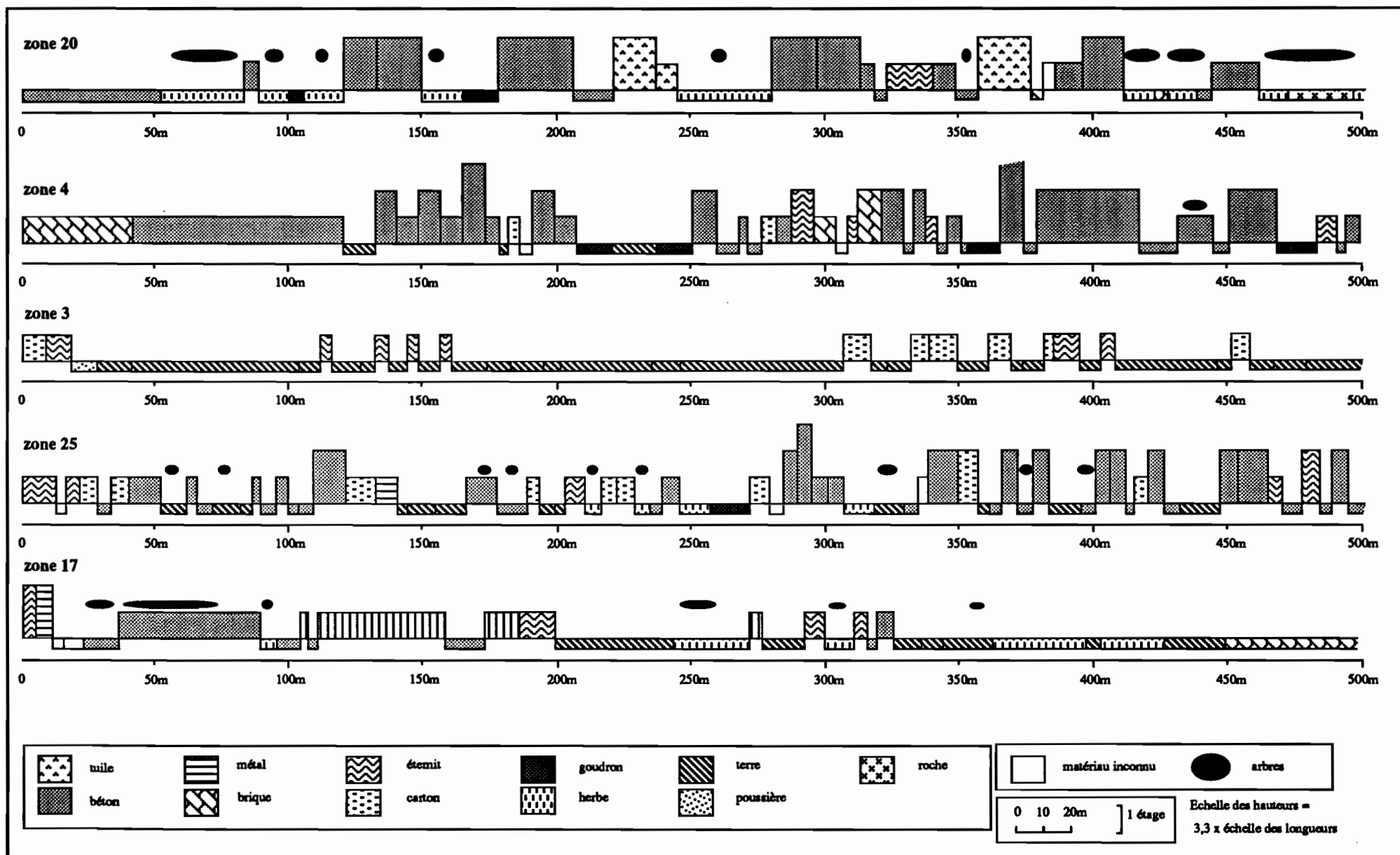


figure 126 : Exemples de coupes urbaines établies à partir des transects, sur une distance de 500 m.

- des bâtiments de grande longueur dans la zone 4 ;
- les rues asphaltées et la rareté de la végétation, plus fréquente dans la zone 25...

Les zones 17 et 20 présentent d'autres coupes. On retrouve dans Z20 l'abondance de la végétation et la taille importante d'un bâti assez dispersé, l'absence de matériaux légers au profit du béton et des tuiles. Le secteur Z17 est composé de quelques éléments de grande longueur, souvent coiffés de toits en matériaux légers, notamment la tôle métallique, et séparés d'un espace inter-bâti où alternent terre et couvert herbacé.

#### 4.3. Séquences de dispersion

L'étude et la caractérisation de la succession spatiale des objets représente également un intérêt : comment le bâti et l'interbâti s'agencent-ils, se succèdent-ils dans l'espace ? Le bâti est-il également réparti au long du transect, ou bien forme-t-il des agglomérats séparés par des distances d'inter-bâti plus ou moins grandes ? Les indicateurs traditionnels par moyennes arithmétiques ne peuvent en rendre compte...

Les courbes de séquence permettent une meilleure approximation de la dispersion des objets, tout en intégrant leur propre taille. Dans l'exemple ci-après, on a porté en abscisse la longueur des objets construits (*cel*) et, en ordonnées, la longueur de objets d'inter-bâti (*nocel*), en cumulant ces longueurs, dans l'ordre exact de leur succession dans l'espace.

En résultat, nous avons donc un nuage de points distribués selon une orientation particulière qui peut être résumée par l'équation d'une droite d'ajustement. Le coefficient directeur de cette droite donne en effet l'orientation générale du nuage : plus la valeur de la pente est élevée (droite qui tend vers la verticale), moins la zone est construite.

Par ailleurs, le coefficient de corrélation  $R$  nous renseigne sur la dispersion du nuage par rapport à la droite, c'est-à-dire la régularité dans la succession des objets bâtis et inter-bâtis.

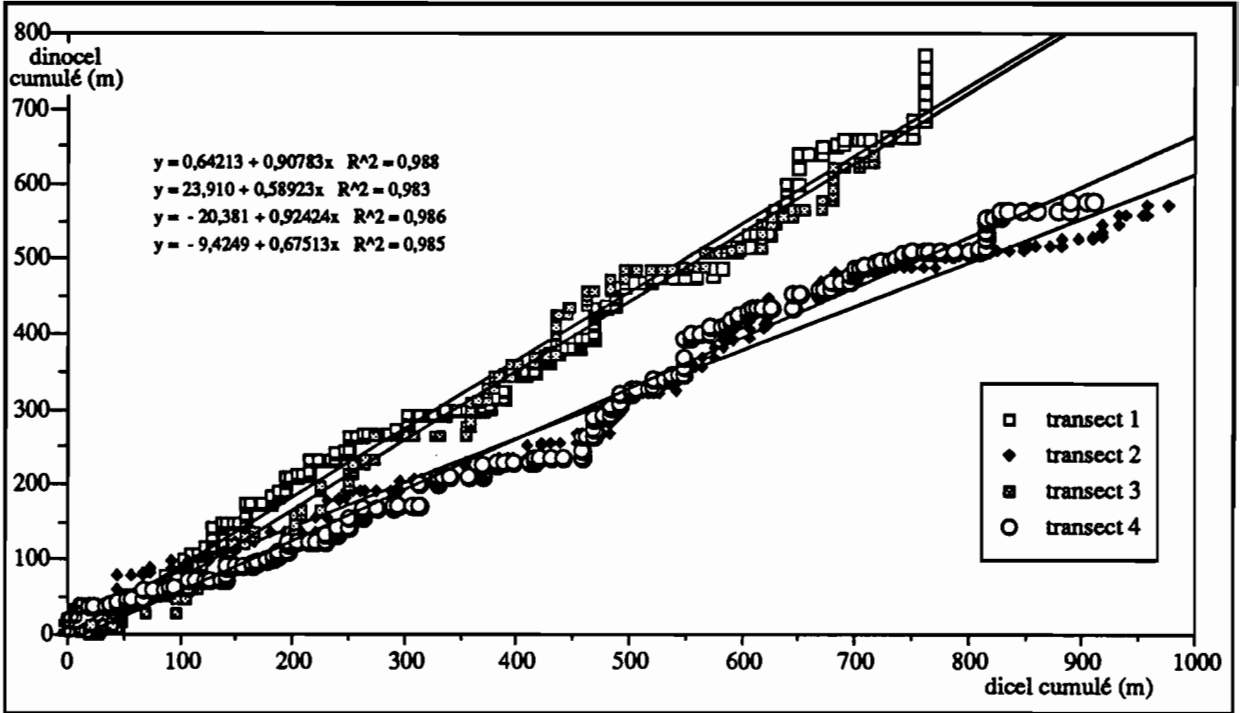


figure 127 : Séquences de dispersion du bâti, zone 25.

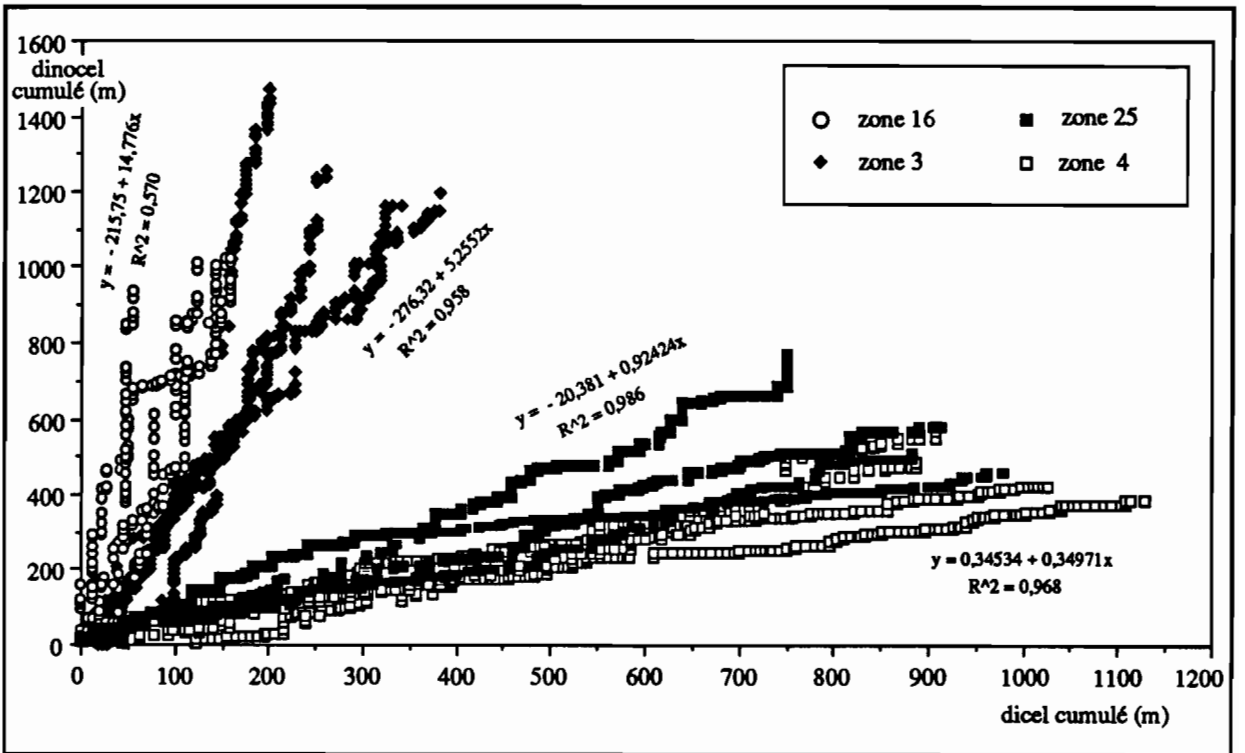


figure 128 : Exemples de séquences pour différents types d'urbanisation.

Les deux exemples ci-dessus présentent des séquences de dispersion. Les séquences de la zone 25 (figure 127) montrent la grande régularité du quartier. Elles font également apparaître la double organisation mise en évidence par les transects perpendiculaires : les transects 2 et 4 traduisent la plus faible fréquence de l'inter-bâti pour les mesures effectuées sur les longueurs des manzanas, les transects 1 et 3 montrent une fréquence plus forte (rues plus nombreuses) sur les largeurs des pâtés de maisons.

Cette organisation est typique des quartiers fortement urbanisés (faible pente des droites) et régulièrement découpés (forts coefficients de corrélation) en manzanas rectangulaires (deux faisceaux de transects divergents).

La figure 128 permet de visualiser les grandes organisations de quartiers en présentant sur la même échelle les séquences de quatre zones. La zone Z6, par exemple, apparaît nettement moins construite que les zones Z4 et Z25 (coefficients directeurs 14,78 contre 0,92 et 0,34). On remarque également sa "désorganisation" : valeur faible du coefficient de corrélation par rapport aux autres zones.

La zone Z3 n'est pas davantage construite, mais semble mieux structurée.

Les séquences de bâti dense (zone Z25) montrent des ondulations qui tendraient à prouver que les constructions ne sont pas également réparties dans l'espace, mais se disposent plutôt "en paquets", répartition peut-être en relation avec le découpage de l'espace par la voirie.



Au cours de ce chapitre, nous avons vu qu'il est possible de caractériser les zones aussi bien selon des critères généraux comme les rapports bâti/inter-bâti, que selon des critères plus spécifiques comme les matériaux, la végétation... Nous avons également conçu des indicateurs

qui expriment, regroupent, synthétisent ou relativisent l'information élémentaire, comme par exemple la proportion de matériaux ou d'espace construit, le dynamisme urbain, la quantité de végétation.

En quantifiant les paysages et en comparant leurs descripteurs, nous avons saisi les différents types d'urbanisation, et nous sommes en mesure de les distinguer les uns des autres. L'enquête différencie en particulier, les fortes densités d'urbanisation à l'intérieur de l'agglomération, telles qu'il s'en rencontre à Ixtacalco et Nezahualcóyotl, des secteurs périphériques comme ceux de Chimalhuacán, de La Paz, de Chalco, de Tláhuac et Padierna, caractérisés par des densités de bâti cinq à six fois plus faibles, et l'emploi de matériaux légers deux à trois fois plus répandus en périphérie.

Nous avons également envisagé les différents secteurs étudiés en fonction de leur dynamisme et de leur développement potentiel ; nous avons clairement mis en évidence la poussée urbaine des municipes de l'est, dont le dynamisme apparaît, selon nos critères, trois à cinq fois supérieur à celui des quartiers consolidés. Cette proportion peut encore doubler, si l'on ne considère que les travaux de création de bâti en excluant les travaux d'amélioration.

Enfin, l'enquête a bien restitué l'information sur la végétation, présente au sud et au sud-ouest de l'agglomération, et laissant de vastes surfaces dénudées à l'est. Les quantités mesurées expriment des proportions très contrastées, variant d'un facteur 1 à 150.

Toutefois, si l'information statistique nous renseigne de manière précise sur des questions ponctuelles, l'importance de son volume nous gêne pour réaliser une synthèse et dresser une typologie des quartiers. Différents types de représentations graphiques (cartes des caractères, profils et coupes urbaines, diagrammes de dispersion) aident au passage à une échelle plus globale d'analyse, et il devient possible de considérer certains grands traits des quartiers dessinés selon tel ou tel critère, ainsi que de les comparer de manière directe.

La typologie, quant à elle, ne semble pouvoir provenir que d'une classification qui intègre l'ensemble des données.

# Chapitre 12

## Typologie établie à partir des relevés terrain

---

Nous avons cherché à établir une typologie de terrain à l'aide de l'information recueillie par l'enquête, afin de nous permettre de réaliser une synthèse des résultats exposés dans le chapitre précédent. Il nous est apparu difficile de mettre en relation directe l'information issue du terrain, avec les caractères d'image ; deux handicaps s'opposent en effet à cette démarche : incompatibilité de la nature des deux types d'information, d'une part, et grandes différences d'échelles de mesures, d'autre part. Les relations entre l'image et le terrain apparaîtront plus faciles à établir, plus fiables et efficaces, par l'intermédiaire des classifications, ainsi que nous avons procédé pour traiter les informations de couleur et de texture d'image (voir chapitre 8). Nous évoquerons tout d'abord les paramètres urbanométriques et la méthode retenus pour la classification, avant de présenter les partitions résultantes. Enfin, nous décrirons une à une les classes obtenues, en précisant les grands traits de leur paysage respectif.

### 1. Variables retenues pour la classification

Nous avons repris l'essentiel des descripteurs bruts, ainsi que quelques indicateurs décrivant<sup>1</sup> les caractères suivants :

---

<sup>1</sup> Les variables utilisées pour caractériser globalement les zones sont obtenues par la somme des valeurs des quatre transects. Exemple :

$$\text{densité de noce} \text{ de la zone} = \frac{N_{\text{noce}}(\text{zone})}{\text{distance totale}(\text{zone})} = \frac{N_{\text{noce}}(t1) + N_{\text{noce}}(t2) + N_{\text{noce}}(t3) + N_{\text{noce}}(t4)}{d(t1) + d(t2) + d(t3) + d(t4)}$$

Ce mode de calcul ne tient donc pas compte des variations intra-zones qui apparaissent dans une étude comparée des transects.

- *caractéristiques morphologiques* : elles décrivent les zones selon la présence du bâti et les distances d'inter-bâti, par quatre indicateurs : taille moyenne (*tacel*, *tanocel*), proportion d'espace construit (*procel*), fréquence des objets construits en élévation (*dencel*) ;
- *voirie et organisation de l'espace* : la voirie est caractérisée par le pourcentage de rues goudronnées (*%ru(af)*) et de rues courbes (*%courbe*) par rapport aux rues relevées décrites rectilignes ; l'organisation de l'espace se mesure par la taille moyenne des manzanas (*tamanz*), et par leur régularité estimée à l'aide de l'écart-type de la distribution des tailles (*sigmanz*) ;
- *matériaux des toits* : ces indicateurs caractérisent la qualité de construction du bâti par le pourcentage des principaux matériaux relevés sur le terrain, en terme de distance, rapportée à la distance totale (*%ca* : carton, *%a* : éternit, *%m* : tôle métallique, *%z* : toits horizontaux, *%lo* : dalle de béton, *%l* : brique, *%tj* : tuile) ;
- *matériaux couvrant l'inter-bâti* : ils caractérisent l'état du sol par le pourcentage des principaux matériaux relevés sur le terrain, en terme de distance, rapportée à la distance totale (*%p* : pierre, *%rc* : roche, *%ar* : sable, *%t* : terre, *%po* : poussière, *%c* : béton, *%h* : herbe) ;
- *nature-fonction* : ces indicateurs renseignent sur la vocation des quartiers enquêtés, la présence ou la prédominance de certaines activités, (résidentielles, industrielles, agricoles...) par la fréquence des constructions individuelles (*den(chs)*) ou collectives (*den(ihs)*), des usines (*den(f)*), des terrains agricoles (*den(a)*), des jardins (*den(j)*), de l'inter-bâti à usage domestique (*den(dom)*). Les indicateurs *den(b)* et *den(OB)* caractérisent les zones respectivement sur la disponibilité de terres susceptibles d'être construites (terrains vagues), et sur leur dynamisme urbain par le biais du nombre de chantiers de construction relevé ;
- *le couvert arboré* (*%couve*) qui, joint à l'indicateur de couvert herbacé (*den(h)*), fournit une indication sur la présence de végétation et sur l'importance de son extension.

## 2. Classification et partitions résultantes

Nous avons classé l'ensemble des zones enquêtées selon les 31 indicateurs terrain présentés ci-dessus, par une Classification Ascendante Hiérarchique qui rend possible une classification à partir d'un tableau de mesures.

L'un des avantages de la méthode est de produire un arbre qui regroupe les individus classés d'après leur degré de *parenté*, et qui permet de retrouver leur filiation, c'est-à-dire de mettre en évidence des structures dans les regroupements de ces individus. On trouvera en Annexe 11 l'arbre hiérarchique construit par la méthode d'après les 31 variables.

Pour déterminer la partition optimale d'après la représentation graphique, on n'a utilisé le même critère que pour les classifications des régions de l'image (chapitres 8 et 9).

La partition en trois divisions apparaît ici comme une partition évidente. Ces divisions regroupent respectivement :

- division 1 : les zones 16, 12, 17, 20 ;
- division 2 : 3, 26, 6, 7, 5, 18 ;
- division 3 : 19, 4, 25, 23, 24, 14, 15, 13, 8, 22, 2, 9, 10, 11, 21 et 1.

Une lecture plus approfondie de l'arbre nous enseigne également que les première et troisième divisions se scindent en sous-divisions, l'une et l'autre à un niveau comparable de la hiérarchie. La partition B correspond à la seconde partition possible selon le critère de la plus grande distance entre les noeuds, formant au total six sous-divisions que nous appellerons *classes*.

Dans notre analyse, nous tiendrons compte de ces deux partitions : celle en six classes offre une plus grande finesse de discrimination, tandis que celle en trois divisions permet de conserver une hiérarchie dans les discriminations (la classe 3, par exemple, est plus proche de la classe 2 que de la classe 4).

La figure 129 présente la partition B et le regroupement des zones qui en résulte.

Voyons maintenant les caractéristiques géographiques de ces six grands types de quartiers mis en évidence par l'enquête.



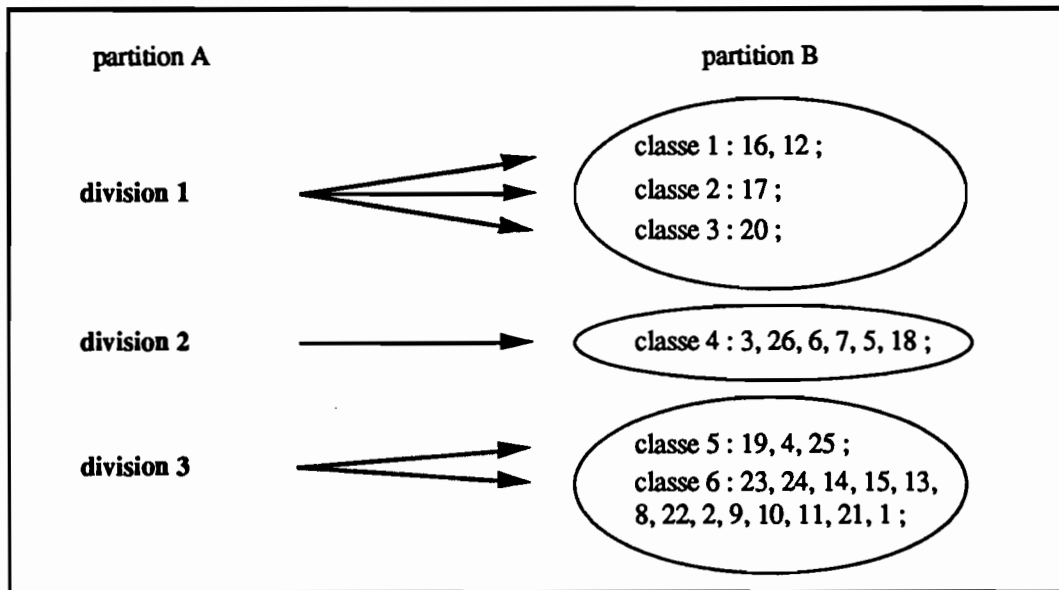


figure 129 : Les différentes partitions possibles à partir des données de terrain.

### 3. Caractéristiques géographiques des différents types de quartiers

Nous décrirons les six classes après avoir préalablement caractérisé les divisions du niveau A qui les contiennent respectivement, de façon à préciser en quoi elles se ressemblent et ce qui les différencie<sup>1</sup>. Cette description utilisera pour partie des indicateurs globaux, qui n'ont pas été introduits dans le calcul de la C.A.H., mais qui donnent une appréciation plus synthétique des réalités exprimées par les indicateurs détaillés :

- *taux de végétalisation*, proportionnel à la somme des distances couvertes de végétaux, sous forme arborée ou herbacée ;
- *taux de bétonnage*, obtenu à partir des distances couvertes de matériaux à base de ciment, sous forme de *cel* aussi bien que de *nocel*, y compris les tôles de fibro-ciment et le goudronnage des rues ;
- *taux de légèreté*<sup>2</sup>, calculé à partir de la somme des distances couvertes par des matériaux précaires et amovibles : tôles métalliques, de carton et de fibro-ciment ;

<sup>1</sup> La caractérisation ci-après comporte des valeurs de paramètre, dont les unités de mesure sont en partie constituées des codes utilisés pour l'enquête. Exemple : 5 f / km signifie 5 usines / km (voir codes d'enquête tableau 26, § 5 du chapitre 10).

<sup>2</sup>...on entend par *légèreté* celle des matériaux de toiture.

- *taux d'imperméabilisation*, proportionnel à la somme des distances couvertes d'un matériau qui interdit l'infiltration des eaux, en bâti ou en inter-bâti<sup>1</sup> ;
- *indice de croissance du bâti* ou de *dynamisme*, qui est le nombre de chantiers rapporté au nombre de bâtis déjà construits et en fonction (exprimé en *ob/cel*).
- *moyenne des pentes de droite* calculées à partir des séquences de dispersion *cellnocel* (voir § 4.3 du chapitre précédent) ; nous avons vu que ces pentes apportent une information sur le rapport bâti/inter-bâti ;
- *coefficient de corrélation* des droites évoquées précédemment, qui renseigne sur la dispersion des points à la droite d'ajustement, c'est-à-dire sur la régularité de la taille et de la succession des objets dans l'espace.

Les distances des quatre premiers indices sont rapportées à la distance totale mesurée ; les valeurs sont donc exprimées en pourcentage.

### 3.1. Division 1 : quartiers à faible densité de construction

La première division de la partition A regroupe des quartiers très différents dans leur contenu sociologique et dans certains de leurs aspects urbanistiques. Ces secteurs se ressemblent toutefois par leur paysage où le bâti apparaît peu, de façon dispersé, et où le sol non construit laisse une large place à la végétation, quelque soit l'usage de cet inter-bâti.

Les traits globaux de cette division sont donc :

- une faible densité de bâti : 10 à 25 constructions par kilomètre ;
- un inter-bâti caractérisé par sa grande taille et l'importance de son couvert végétal, surtout sous forme herbacée (taux de végétalisation = 40 à 80% des distances totales mesurées).

La partition suivante fait apparaître les grandes différences existant dans ce regroupement : les

---

<sup>1</sup> Cet indice a été suggéré par l'étude d'hydrologie urbaine à Chalco de C. Bouvier (Bouvier & Didon, 1991).

quatre zones se répartissent en trois classes. Il existe en effet de forts contrastes dans la structure du bâti et de l'inter-bâti, la voirie, l'organisation spatiale, le couvert arboré...

### 3.1.1. Classe 1 : marches urbaines

Deux zones constituent cette classe : Z16 et Z12, quartiers périphériques (La Paz et Chalco) caractérisés par les plus faibles densités de construction de l'échantillon : 10 et 20% de la distance totale mesurée sont occupés par un bâti. Celui-ci apparaît consolidé dans une proportion de la moitié aux deux tiers des unités construites (toit en matériaux durs), ce que confirment les valeurs, moyennement élevées, du taux de légèreté : 30 et 45%. Ces caractéristiques correspondent à des secteurs résidentiels populaires, constitués d'un bâti uniforme à deux composantes : cahutes de carton et cubes de béton. Les constructions sont séparées par des lots non construits, abandonnés, souvent livrés aux accumulations d'ordures ; bâti et inter-bâti irrégulièrement agencés, comme le montrent les faibles valeurs des coefficients de corrélation calculés à partir des séquences de dispersion ( $R^2 = 0,813$  et  $0,853$ )...

Aucun élément de voirie n'est asphalté, indication qui permet d'apprécier la rareté des équipements et des services, c'est-à-dire la faible consolidation de l'urbanisation.

Le nombre de chantiers rapporté à la distance mesurée, qui permet d'estimer le dynamisme urbain, présente des valeurs assez faibles : 2 à 3 ob/km, situation paradoxale puisque ces valeurs sont davantage comparables à celles des quartiers denses dont la croissance s'est infléchie (voir classe 5). Dans le cas de la zone 16, le développement est ralenti par la situation sur une hauteur de la colonie, ainsi que son éloignement d'axes de communication et d'approvisionnement ; cette particularité rend nécessaire la possession d'un véhicule, c'est-à-dire un certain train de vie.

Dans le cas de Chalco, le faible dynamisme observé est sans doute lié à la localisation de la zone sur le front urbain de 1990, dont la percée est freinée pour des raisons administratives.

Pour ces raisons, l'inter-bâti est essentiellement constitué de lots vacants et de terres inutilisées (13 et 12 b/km), plus rarement de micro-exploitations agricoles (0,9 a/km dans les deux cas). Il s'agit donc de terres en transition entre deux modes d'occupation du sol très différents, les domaines naturel et urbain, où l'activité agricole ou forestière a cessé, sans avoir encore été récupérées à des fins urbaines. Ces terres apparaissent caractérisées par une couverture à forte proportion de végétation sous forme herbacée : 62 et 71% de l'espace inter-bâti, soit la moitié de la distance totale mesurée dans ces zones. La distribution spatiale de la végétation est d'autant plus inégale qu'elle souffre localement des activités liées à l'urbanisation. Les passages, les dépôts et les constructions lacèrent la prairie originelle, et la strate herbacée se rétracte en îlots ou en plaques, d'extension d'autant plus restreinte que la population et les activités urbaines les maltraitent.

Dans la zone 12, cette couverture est plus dense que dans la zone 16 où l'herbe est plus rare et plus sèche : la nature du terrain et sa pente expliquent la moindre fertilité de la terre et la plus forte dégradation du sol qu'à Chalco sud-est.

On notera que la différence dans les dates de mesures (Z16 : fin de saison sèche, Z12 : début de saison des pluies) n'a pas entraîné la séparation de ces deux zones dans la classification. L'enquête, en effet, ne prend pas en compte l'état de la végétation à l'instant de l'observation.

La classe 1 regroupe donc les marches urbaines, quartiers situés à l'extrême limite des secteurs urbanisés, mais où le développement urbain reste modéré, parce que les pressions s'exercent ailleurs (voir classe 4).

### **3.1.2. Classe 2 : quartier industriel en développement**

Un seul élément, la zone 17, représente cette classe ; nous savons qu'il s'agit d'une zone industrielle de La Paz en développement sur des terres récemment encore à vocation agricole.

L'association des deux aspects, milieu urbain/milieu naturel, produit un paysage contrasté que l'on ne retrouve dans les résultats de l'enquête qu'en intégrant le 5ème transect<sup>1</sup> à l'analyse.

Les caractéristiques de cette classe sont les suivantes :

- une absence d'organisation spatiale au sens urbain où nous l'entendons, indiquée par la valeur très élevée de l'écart-type de la taille des manzanas (274), complétée par une taille moyenne de celles-ci égale à 935 m, valeur extrême qui montre l'absence de voirie correspondant aux nécessités urbaines ;

- un bâti de faible densité (16 cel/km) et inégalement réparti, comme le montre les coefficients de corrélation des droites de dispersion (moyenne des  $R^2 = 0,889$ ), inégalité de répartition en partie liée à des différences de taille ;

- une taille moyenne des éléments bâtis (*tacel*) parmi les plus grandes (13,7 m), mais cette valeur intègre en réalité deux grand types de construction :

- un grand bâti dédié aux activités industrielles,

- un microbâti précaire qui se développe dans les interstices, le long des voies de communication ;

- la présence de bâtiments industriels en densité relativement forte (3,3 f/km), pour 7,2 maisons d'habitation par kilomètre, nombre très faible si on le compare à celui des autres zones. Le taux de légèreté élevé (> 50%) n'est pas seulement dû à la médiocrité des constructions individuelles, mais également à la présence des bâtiments industriels. Ceux-ci, en effet, expliquent sans doute l'abondance relative des matériaux de toits semi-durables sous forme laminaire : tôles métalliques (*m*) et de fibro-ciment (*a*), respectivement 4,5% et 6,4%, alors que les toits en dur (*lo + z*) n'occupent que 9,9% de l'espace mesuré. Le carton s'utilise ici très peu : ce matériau couvre généralement les maisons d'habitation, dont le nombre est très faible en zone 17.

---

<sup>1</sup> Les quatre premiers transects suivent en effet les autoroutes bordées de bâti en densité plus grande qu'à "l'intérieur des terres" non construites.

On notera également :

- un dynamisme pratiquement nul, mis en évidence par le nombre de chantiers le plus bas des zones enquêtées : 0,7 ob/km ;
- la faible couverture arborée (5% des distances mesurées).

La composante agricole du paysage est sous-estimée par l'enquête : les distances du thème *a* sont importantes : elles cumulent plus de 1.200 m de terres répartis en six champs. Mais il semble qu'une partie de l'information agricole soit contenue dans le thème *b*, dans la mesure où les enquêteurs ont estimé certains champs abandonnés, et les ont inventoriés comme terrains vagues, soit 36 parcelles cumulant 1.500 m. Sur les quelques 4.500 m au total non construits, environ la moitié de la distance se trouve sous couvert herbacé.

Dans une classification où n'interviennent que les critères de bâti, la zone 17 est classée avec la zone 20, essentiellement pour la taille moyenne des bâtis.

Le paysage associé à cette classe est donc celui de vastes surfaces agricoles, fracturées par des alignements de bâtiments industriels qui sont rangés le long d'importantes voies de communication routières (autoroutes Mexico-Puebla et Mexico-Texcoco). Ces bâtiments plus ou moins espacés, sont d'aspect moderne : parallélépipèdes aux parois de tôles métalliques ou plastifiées, de couleurs claires, et plus rarement construits en matériaux durs.

Entre les usines, s'étendent encore des champs ou des pâturages ; mais il se développe aussi un petit bâti sommaire qui abrite de nombreuses activités périphériques, greffées sur celles, officielles, de l'industrie et du transport routier. Ces micro-activités de services, souvent du secteur informel, apportent un soutien logistique important : mécanique *en general*, restauration, récupération, sous-traitance, approvisionnement... qui permettent le bon fonctionnement des activités lourdes.

La végétation se limite à celle localisée dans les champs.

On trouvera la coupe-type de ce quartier dans la figure 126 du § 4.2, chapitre 11.

### 3.1.3. Classe 3 : quartier résidentiel de luxe

La classe 3 se compose d'un seul élément : la zone Z20, dont nous savons qu'elle représente les riches quartiers de San Jeronimo et du *Jardines del Pedregal*. Les caractères très particuliers de ce secteur le discriminent donc nettement du reste de l'échantillon ; rappelons-en les principaux traits :

- une organisation de l'espace non systématique, mais conçue selon un urbanisme de haut niveau esthétique et fonctionnel, comme en témoignent le fort écart-type des tailles de manzanas (180), et le pourcentage de rues courbes (20%) ; l'espace urbain présente un bon équilibre entre le bâti et l'inter-bâti de tailles moyennes très comparables (*tacel = tanocel*), comme le montrent également une pente de droite proche de 1, et un coefficient de corrélation à cette droite assez fort (0,934) ;
- la taille moyenne du bâti parmi les plus grandes de la distribution (17,5 m) qui suggère la qualité des constructions, mais en densité assez faible (23 unités au kilomètre) ; étant donné cette taille, la proportion d'espace construit (*procel*) apparaît relativement élevée, avec 41% ;
- la forte proportion de constructions en dur (toits de béton, briques et tuiles : près de 90%) et, corrélativement, la rareté des matériaux légers employés dans la construction, comme le confirme le taux de légèreté (< 4%) ;
- la saturation de l'espace urbanisable, montrée par la rareté des terrains vagues (moins de 1 b/km), et la faiblesse de la croissance urbaine matérialisée par la quasi-inexistence des chantiers (0,17%, 1 chantier pour 100 maisons) ;
- l'absence de sol meuble (poussière et sable : 0%, terre : 0,7%) et l'existence d'un sol d'origine volcanique, que la végétation rend peu visible (pierre + roche : 3,5%) ;
- le nombre élevé de jardins (17 j/km) et l'importance de la végétation sous forme arborée (plus du tiers des distances mesurées) et herbacée (près de 40%), le plus souvent d'origine artificielle (gazon).

La qualité de l'urbanisme transparaît également par la forte proportion de rues goudronnées

(95%), et l'absence d'un certain nombre de nuisances : absence d'usine ou de dépôt, absence de tas d'ordures, rareté des immeubles (0,5 ihs/km)...

Cette zone fait donc apparaître un secteur largement consolidé, saturé en bâti, malgré une densité relativement faible de constructions, affichant son luxe par la taille, la qualité de son bâti, la profusion de la végétation et l'entretien de ses vastes jardins. A *Jardines del Pedregal*, la préférence pour les villas n'exclut pas quelques petits immeubles abritant des appartements d'un niveau non moins élevé. La vocation essentiellement résidentielle du quartier laisse également place à un petit centre de commerces et de services de proximité, groupés autour de l'église moderne du boulevard de la Luz.

Dans le quartier de *San-Jeronimo*, les villas sont moins nombreuses et l'espace est davantage occupé par des *condominios*, ensemble de maisons de deux ou trois niveaux, accolées les unes aux autres, construites le long d'une rue privée ou fermée (*calle cerrada*).

La coupe de la zone 20 est présentée dans la figure 126, chapitre 11.

### 3.2. Division 2 : quartiers précaires à forte croissance (classe 4)

La seconde division de la partition A qui correspond également à la classe 4 de la partition B, se caractérise par les faibles valeurs des indicateurs de consolidation urbaine, et un ensemble de mesures qui traduisent les traits d'un paysage de qualité urbaine médiocre, en changements intenses, et où les habitants sont soumis à des conditions de vie difficiles.

Les caractères de la classe 4 se résument de la façon suivante :

- la précarité du bâti, essentiellement voué à l'habitat, de densité moyenne (25 à 40 cel/km, pentes de séquence voisine de 4), dont on peut noter la petite taille (6 à 8 m en moyenne), la forte proportion de bâti de mauvaise qualité (un à deux tiers en matériaux légers), la rareté des bâtiments de grande taille et à étages (immeuble < 0,3 i/km, bâtiment industriel < 0,5 f/km) ; la



dispersion du bâti paraît assez régulière avec un coefficient de corrélation des séquences  $R^2$  compris entre 0,925 et 0,979 ;

- la forte fréquence des chantiers : 5 à 9 ob/km, ou encore 15 à 35 chantiers de construction pour 100 maisons déjà existantes ;
- la taille moyenne de l'inter-bâti où domine le couvert terreux et poussiéreux, donc meuble, par inexistence de surfaces imperméabilisées (surfaces cimentées inférieures à 4%) et par absence souvent totale de végétation (en particulier, faiblesse du couvert arboré : < 2%<sup>1</sup>). Cet espace non construit reste également inutilisé, comme le montre la fréquence des terrains vagues (9 à 14 b/km) parfois livrés aux ordures (0,1 à 1%) ;
- l'inexistence ou la rareté des rues goudronnées (inférieur à 5% de la longueur), la taille relativement régulière et restreinte des manzanas (taille moyenne 70 à 110 m, écart-type des tailles 20 à 60), organisées en damier (plus de 95% de rues rectilignes).

Le paysage caractéristique de ce type de quartier est donc celui des secteurs résidentiels à habitat individuel, structurés en damier, de fondation récente et à fort dynamisme, comme en témoigne la fréquence élevée des chantiers, la diffusion encore restreinte du béton, la dispersion du bâti, sa précarité dans un grand nombre de cas (souvent cahutes de brique, de carton et de tôles ondulées...)... La faiblesse des équipements, estimée ici par le biais du goudronnage des rues, complète la description d'un paysage sous la poussière en hiver, inondé en saison des pluies, et où s'entassent les ordures. Ces caractères correspondent à ceux évoqués dans les chapitres 4 et 5 présentant les municipales de Chimalhuacán et de Chalco, dont nous savons qu'ils voient se développer, ces dernières années, des banlieues aux populations défavorisées.

Cette classe regroupe en effet quatre des cinq zones situées à Chalco (Z5, Z6, Z7 et Z18), ainsi que les deux zones de Chimalhuacán (Z3 et Z26). Nous avons vu que la Classification a affecté la zone 12 de Chalco à la classe 1 de par sa faible densité de construction. Il est intéressant de noter que la partition suivante de cette division sépare les zones 3, 26 et 6, des zones 7, 5, et

---

<sup>1</sup> sauf zone 18 : distance sous couvert arboré = 5,5%.

18. La C.A.H. met ici en évidence deux sous-niveaux d'urbanisation de ces quartiers précaires :

- la première sous-classe se distingue par une urbanisation en légère avance, comme le montrent une fréquence de constructions et un pourcentage de rues asphaltées parmi les plus élevés de la distribution de la classe 4, ainsi, semble-t-il, que la présence de quelques arbres<sup>1</sup> ;
- la seconde sous-classe regroupe les terres moins poussiéreuses de Chalco<sup>2</sup>, où l'on observe une fréquence souvent plus élevée des chantiers, et la persistance d'une activité agricole, même réduite et sporadique, aussi bien tournée vers la culture que vers l'élevage laitier.

La coupe de la zone Z3 est présentée en paragraphe 4.2 du chapitre précédent.

### 3.3. Division 3 : quartiers densément urbanisés

La troisième division de la partition A regroupe les 16 zones les plus urbanisées de l'échantillon. Les variables descriptives d'une urbanisation consolidée (bâti, matériaux de construction durables...) montrent dans leur ensemble des valeurs moyennes et fortes. L'intensité de l'urbanisation peut être appréciée par l'observation des indicateurs typiquement urbains. Ceux-ci montrent en effet une taille moyenne du bâti légèrement plus élevée que celle des zones de la division 2, mais surtout une proportion de sol construit et une fréquence d'objets bâtis, deux à trois fois supérieures à celles des classes 1 à 4 (*procel* = 30 à 70% de l'espace mesuré, *dencel* = 30 à 75 cel/km, pentes de droite comprises en 0,5 et 2).

L'usage du béton est nettement plus répandu (bétonnage entre 30 et 75% de la distance totale) et, corrélativement, le pourcentage des toits en matériaux légers est moindre : 15 à 40%. Ces

---

<sup>1</sup> Une classification intégrant les deux paramètres de séquence de dispersion place la zone 6 dans une classe de densité urbaine forte.

<sup>2</sup> Rappelons toutefois que les différences de date d'enquête par rapport à la saison des pluies ont contribué à confondre la terre et la poussière. L'éventualité de telles confusions laisse à penser que la distinction et l'interprétation de ces sous-classes sont à la limite des possibilités de discrimination offertes par l'enquête ; la subjectivité de l'enquêteur devient en effet décelable à ce niveau de finesse.

proportions confirment le haut niveau de consolidation de ces quartiers, dont on remarque également :

- les rues en majorité goudronnées ;
- le nombre d'édifices à deux étages et plus, qui peut représenter près de la moitié des constructions ;
- la faible fréquence des chantiers, le plus souvent inférieure à 4 ob/km, et l'indice de croissance du bâti particulièrement bas (moins d'un chantier pour dix bâtis existants).

Les descripteurs de l'inter-bâti et de la végétation sont moins unanimes ; ils contribuent à nuancer l'intensité et l'âge de cette urbanisation, et déterminent les deux classes de la partition B qui discriminent les quartiers relativement anciens (classe 5) des quartiers plus récents (classe 6).

### 3.3.1. Classe 5 : quartiers anciens

La classe 5 rassemble les quartiers de Nezahualcóyotl (Z4), secteur est d'Azcapotzalco (Z19) et Pedregal de Sto Domingo (Z25), dont l'urbanisation est parvenue à maturité après trente à quarante ans de travaux, plus rapidement (une vingtaine d'années), parce que moins populaire, dans la zone 25. Le bâti couvre ici des distances supérieures à la moitié de l'espace mesuré (*procel* = 55 à 70%) avec les plus hautes densités de constructions (*dencel* = 60 à 75 cel/km). L'espace est densément occupé, par une catégorie d'objets de taille assez grande : immeubles, *condominios* et, d'une manière générale, bâti à étages (surtout les zones Z4 et Z19 : 2,7 et 3,2 i/km).

Le grand bâti comprend également un nombre important d'usines dans la zone Z19 (7 f/km), caractéristique d'un quartier industriel, ce qui est conforme au plan d'occupation du sol exposé chapitre 4. Cette zone est la version citadine et achevée de la zone Z17, quartier industriel en développement (voir § 3.1.2)...

L'ensemble des indicateurs décrit le haut niveau de consolidation de ces quartiers :

- le nombre de toits en dur est environ deux fois plus élevé que celui des toitures légères (taux de légèreté 15 à 35%) ;
- la proportion de rues goudronnées est au moins égale à 60% ;
- la fréquence des chantiers est particulièrement basse (1,5 à 2 ob/km) ; l'indice de croissance du bâti est plus expressif : inférieur à 0,03 ob/cel, ou encore un chantier pour quarante maisons environ, ce qui montre l'évolution désormais ralentie de ces quartiers stabilisés ;
- une faible fréquence des terrains vagues (inférieure à 3 b/km), fréquence qui confirme la forte occupation du sol, la disparition de l'espace inutilisé et sa rentabilisation maximum.

Ces ensembles forment un *béton-ville*, vaste dalle de béton, comme le révèle l'indice de bétonnage particulièrement élevé : entre 65 et 80% de l'espace mesuré, ce qui contribue aux plus forts taux d'imperméabilisation (supérieurs à 85% ; zone 4 : 96,5%). Ces quantités équivalent à celles, élevées, de la classe 4 ; seule la nature des matériaux diffère : matériaux imperméables (asphalte, ciment et dérivés) pour la classe 5, sol nu pour la classe 4.

La prépondérance du ciment laisse peu de place à la végétation : ces secteurs se caractérisent par les plus faibles proportions de couvert arboré et herbacé, inférieure à 8% dans les deux cas. La végétation résume bien, ici, les réalités urbaines présentes et leur histoire : la zone 4 (Nezahualcōyotl) se caractérise par une proportion de terrain végétalisé aussi faible que celles de Chimalhuacán et de Chalco (classe 4) ; les conditions pédologiques et l'origine populaire des habitants sont deux caractéristiques communes à ces zones et expliquent l'état comparable de leur végétation. Les zones Z19 et Z25, au contraire, présentent des proportions plus élevées de couvert végétal car, dans ces quartiers, les habitants ont pris soin de planter des arbres et d'aménager quelques mètres carrés de jardin ou de plate-bande...

L'examen détaillé des paramètres permet de relever une légère variante dans ce degré de consolidation, sans doute liée au niveau socio-économique des habitants. La zone Z4 se distingue en effet par :

- la présence d'épandages d'ordures, inexistantes dans les zones 19 et 25 ;

- une proportion de rues goudronnées plus faible : 60% contre 100% ;
  - un couvert végétal plus rare : 2,6% (Z19 : 13,8%, Z25 : 10,7%) ;
  - des taux de bétonnage et d'imperméabilisation supérieurs de 10% ;
- ...etc...

Ces quartiers offrent donc les paysages typiques de périphéries latino-américaines, complètement urbanisées et consolidées, dotées des équipements et des services de base, avec ses rues rectilignes bordées de constructions cubiques de béton, généralement grises, parfois peintes, avec ses chaussées et ses trottoirs fragiles sous le poids des camions. Les quartiers exclusivement résidentiels individuels comprennent cependant de petites entreprises éparses de services locaux : garages, *tiendas*, fabriques de meubles, entreprises du bâtiment, parkings de location...

Nous avons vu, chapitre 2, que ces quartiers d'origine populaire étaient parfois récupérés peu à peu par des classes de population plus aisées, qui rachètent, reconstruisent et embellissent les maisons. Il n'est donc pas rare d'apercevoir également de belles constructions. De tels changements n'atteignent pas encore la zone 4 de Nezahualcóyotl ; en effet, nous avons vu ci-dessus que celle-ci présente encore des lacunes dans son équipement, ce qui maintient éloignées les familles exigeant un certain confort.

On trouvera représentée en figure 126 du chapitre 11 la coupe urbaine des zones Z4 et Z25, typiques de cette classe.

### **3.3.2. Classe 6 : quartiers d'urbanisation récente**

Cette classe rassemble d'une part les zones en développement depuis moins de 20 ans, dont la qualité de l'urbanisation est assez variable. Ces zones sont localisées en périphérie sud de l'agglomération, et dans la proche banlieue est ; il est intéressant de noter que la partition suivante, à l'intérieur de cette classe, regroupe les zones selon leur situation géographique (à

l'exception de la zone 21, zone du sud qui se trouve regroupée avec les zones orientales, et de la zone 8 en situation inverse).

La classe 6 rassemble des individus décrits par des valeurs d'indicateurs globalement intermédiaires à celles qui décrivent les cinq premières classes. Toutefois, certaines de ces valeurs se rapprochent nettement de celles caractérisant les quartiers évoqués ci-dessus. Selon la nature des indicateurs, la classe 6 apparaît plus ou moins ressemblante à telle ou telle autre classe. Cette caractéristique traduit l'hétérogénéité des zones à l'intérieur de la classe 6, ainsi que des quatre transects à l'intérieur des zones<sup>1</sup>.

La présence de végétation, les irrégularités topographiques<sup>2</sup>, la diversité de l'occupation du sol, les contrastes des niveaux socio-économiques des occupants et les différences de date de création des quartiers, en particulier ceux de Tlalpan et Xochimilco, expliquent la micronisation et la disparité des tissus urbains, et donc cette hétérogénéité.

Cet aspect de mosaïque apparaît de manière significative dans le sud (zones Z21, Z22, Z23 et Z24) où les noyaux urbains anciens joutent des lotissements modernes de niveaux socio-économiques contrastés, des locaux d'activités économiques, aussi bien que des lots envahis, voire, récemment encore, de micro-parcelles agricoles. Cette hétérogénéité des constituants se traduit également par le découpage irrégulier de l'espace : on est loin ici des quartiers tracés au carré, comme le montrent à la fois les écarts-types des tailles de manzanas, supérieurs à la moyenne pour la zone Z24, et le pourcentage élevé des rues courbes : 7,4 à 18,8%. On perçoit la diversité des paysages par l'indicateur de dispersion du bâti qui en montre l'irrégularité ( $R^2 = 0,920$  en zone 23 et 0,863 en zone Z24).

Les autres individus de la classe 6, notamment les zones Z14, Z15, Z8, Z2, Z10, Z11... s'organisent au contraire de manière régulière ( $R^2 = 0,962, 0,970, 0,979...$ ) et géométrique, structure typique en damier qui se traduit par des écarts-types des tailles de manzanas plus

<sup>1</sup> Une étude plus fine par transect plutôt que par zone, montrerait le degré d'homogénéité interne des quartiers.

<sup>2</sup> Rappelons que certains de ces quartiers sont bâtis sur les piémonts rocheux ou empierrés de l'Ajusco (sud) et des cerros à l'est de l'agglomération.

faibles, et une proportion de rues courbes dix fois moindre ( $< 0,15\%$ ). Ces éléments de la périphérie correspondent à des extensions récemment tracées, éloignées des quartiers historiques.

L'ensemble de ces secteurs se caractérise globalement par une urbanisation de densité variable (*procel* : 30 à 50%), avec peu de terrains vagues (2 à 4 b/km), excepté dans les zones Z8 et Z22 situées à la limite du front urbain. L'urbanisation est irrégulièrement consolidée (taux de légèreté de 15 à 45%) et bétonnée (taux de bétonnage de 30 à 50%), disparités qui contribuent au morcellement des tissus urbains. La qualité de l'urbanisme est assez soutenue dans les secteurs du sud : Z22, Z23 et surtout Z24 comme le montre les quantités relativement élevées de jardins et de rues goudronnées.

On rencontre surtout la végétation dans les zones qui forment la première sous-partition de cette classe (zones du sud), avec des taux de végétalisation compris entre 35 et 55%, sous forme de couvert arboré (13 à 32% des distances mesurées) aussi bien qu'herbacé. La végétation dont la présence est liée aux quartiers anciens et à la fertilité des pentes de l'Ajusco, se répartit dans les nombreux jardins (5 à 14 j/km). On peut également relever les traces d'une activité agricole dans les zones 14, 13, 8 et 22, qui prennent le plus souvent la forme de micro-exploitations de maïs ou de *nopales*, parfois entretenues sur des terrains déjà lotis (fréquence : 0,17 à 2,6 a/km).

L'enquête confirme la rareté de la végétation dans les secteurs orientaux de l'agglomération avec un taux de végétalisation inférieur à 15%.

Certaines des zones sont le siège d'activités industrielles plus ou moins importantes : environ 1 f/km dans les zones de l'est (Z2, Z9, Z11...), et deux fois plus en zone Z24 (activités industrielles "propres" de certains quartiers récents de Xochimilco). Dans cette zone, on observe une très faible quantité d'immeubles ; la plupart des grands bâtiments visibles sur les images satellitaires sont donc à mettre en relation avec les activités économiques plutôt qu'avec une forme collective d'habitat.

La fréquence des chantiers et le dynamisme de la construction ne sont pas toujours en rapport avec la disponibilité des terres : les zones Z8 et Z22 ont une forte densité de *baldios* (environ 10 b/km), mais la zone 8 présente deux fois moins de chantiers que Z22 (2,5 et 5,5 ob/km). Inversement, la zone Z1 d'Iztapalapa montre un certain dynamisme avec 7 chantiers au kilomètre, alors que la densité de terrains vagues est assez faible : inférieure à 4 b/km. L'indice de croissance du bâti affiche des valeurs faibles, environ 0,03 ob/cel en zones 2 et 23, à moyenne, environ 0,13 ob/cel en zones 1 et 22.

La classe 6 regroupe donc une assez grande variété de paysages urbains, à différents stades de développement, mais le plus souvent consolidés, correspondant à des secteurs périphériques de 10 à 20 ans d'âge.

### 3.4. Répartition spatiale des classes

La répartition spatiale des six classes urbanométriques est représentée dans la figure 130 ci-après. Sur cette illustration, nous n'avons pas généralisé aux régions entières l'information des zones qui leur correspondent pourtant ; nous l'avons cartographiquement limitée à un secteur proche de la zone d'enquête. Cette forme de représentation nous permet de vérifier que deux zones différentes décrivant une même région se trouvent dans la même classe (zones Z1 et Z11, zones Z7 et Z18, zones Z8 et Z10).

Nous avons également séparé les deux sous-classes qui composent la classe 6, et les avons représentées avec une légende différente, afin de mettre en évidence les différences selon la localisation (voir ci-dessus).

La figure permet également de remarquer une organisation dans la répartition spatiale des classes, du centre de l'agglomération vers la périphérie (sud-est de la carte), on observe la répartition suivante (les classes 2 et 3 correspondant à des cas très particuliers) :

classe 5 - classes 6a et 6b - classe 4 - classe 1



...ce qui correspond à des contours où sont liés à la fois la distance au centre, l'étape d'urbanisation, la densité urbaine, le niveau de consolidation, la qualité de l'urbanisme... généralement décroissants vers l'extérieur de l'agglomération.



L'exploitation statistique de l'information de terrain nous a permis de dresser une typologie des quartiers enquêtés, et de mettre en évidence six grandes formes d'urbanisation, selon des critères essentiellement liés au paysage visible. La méthode a mis en évidence les grandes différences morphologiques de façon satisfaisante : quartiers-jardins, secteurs denses ou à bâti dispersé, zones industrielles, et en particulier les marches urbaines, secteurs en cours d'urbanisation... Nous avons caractérisé chacune des classes à l'aide de nos indicateurs urbanométriques et nous avons constaté le rôle important de la végétation et de la nature de l'inter-bâti dans la détermination des classes.

La répartition spatiale des six classes apparaît conforme aux étapes de croissance du sud de l'agglomération, évoquées dans le chapitre 2 ; les caractères urbanistiques correspondent, dans leurs grands traits, aux grandes structures urbaines et socio-économiques exposées dans les chapitre 3, 4 et 5 (notamment, forme et qualité du bâti, niveaux de consolidation urbaine, structuration de l'espace...).

Il convient toutefois de noter que les quartiers denses à tissu urbain hétérogène ont été regroupés avec des secteurs moins densément urbanisés, mais qu'une discrimination est possible à un niveau inférieur de la hiérarchie. La taille des zones d'enquête est sans doute l'une des causes de cette confusion ; la classification selon les transects plutôt que selon les zones mettrait en évidence l'hétérogénéité interne de ces secteurs.

Nous allons maintenant voir avec quelle précision et à quelle échelle ces informations de terrain peuvent être mises en relation avec les caractères d'image.

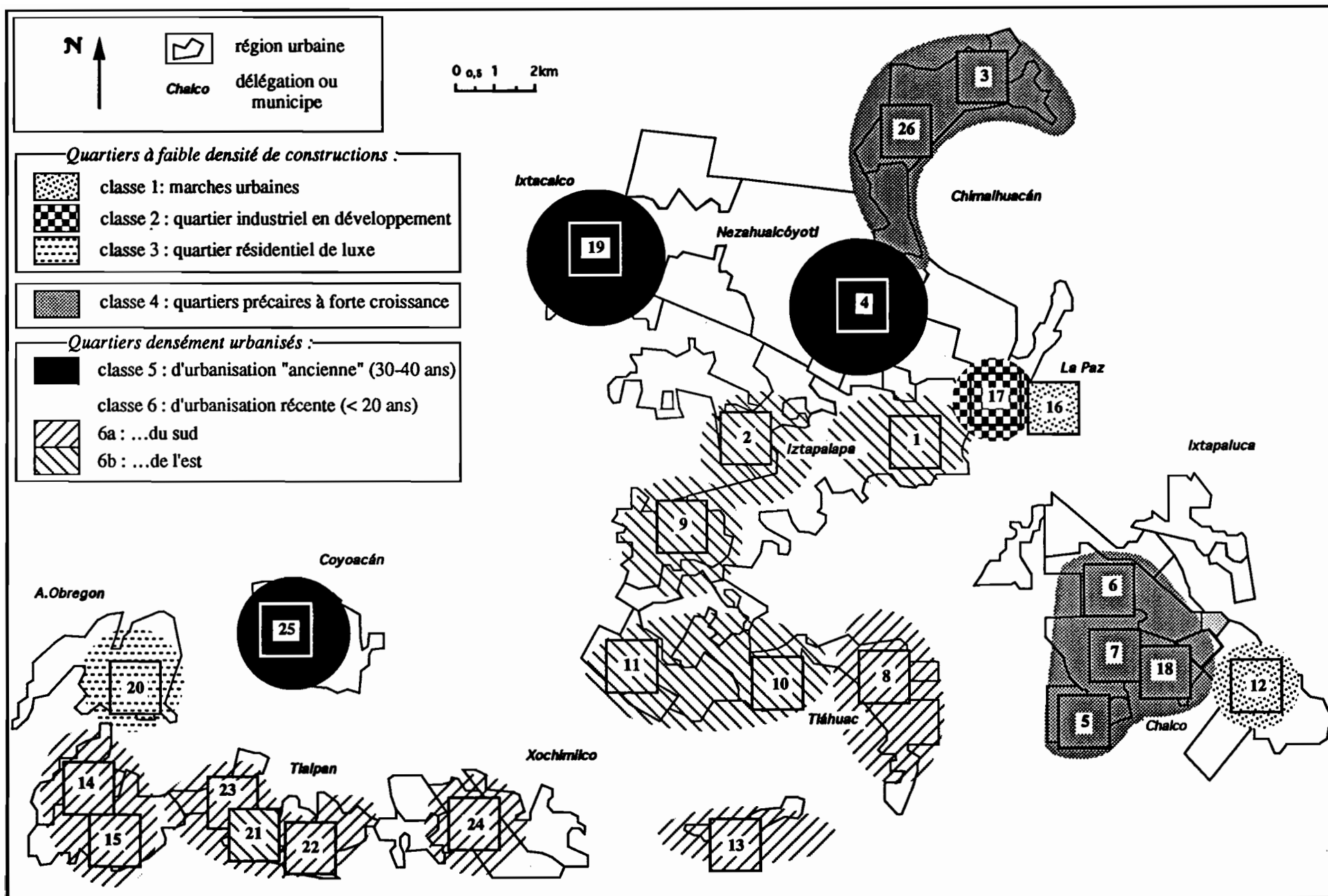


figure 130: Répartition des 6 types de quartiers dans les 43 régions urbaines.

## Conclusion de la 3ème partie

Au cours de cette troisième partie, nous avons présenté une méthode de description systématique du paysage urbain en proposant un certain nombre d'indicateurs qui rendent compte des différentes réalités urbaines intéressant notre problématique. Nous n'avons cependant étudié ici que l'information contenue à partir des objets élémentaires relevés tels quels par les enquêteurs ; nous n'avons pas essayé de constituer, au préalable, d'autres types d'objets qui pourraient mieux exprimer les principaux traits et les grands contrastes des différents paysages : objets-bâti, objets-végétation, objets-béton... et qui seraient susceptibles d'être mieux perçus sur les images satellitaires.

De même, un traitement de l'information plus sélectif, pour une typologie plus fine<sup>1</sup>, est envisageable par cette méthode. Il s'agirait en premier lieu de limiter la longueur des transects à quelques centaines de mètres, de façon à donner davantage d'importance aux différences locales, puis d'éliminer les individus extrêmes au cours de classifications successives. Une telle étude paraît peu utile dans le cadre de notre problématique utilisant la télédétection, dont les limites techniques ne semblent pas permettre une étude à une échelle plus grande. Ce type d'analyse se révélerait au contraire très intéressant pour une étude de morphologie urbaine traditionnelle. Il serait également intéressant de relier les caractères mis en évidence par la méthode, avec d'autres aspects de la vie urbaine, socio-économiques par exemple, pour une étude de la ségrégation spatiale.

Notre problématique a requis la mise au point d'une telle démarche de terrain, étant donné la pauvreté méthodologique en matière de description du paysage urbain visible. L'exécution de l'enquête a également montré la relativité, la subjectivité, voire la rareté ou l'inadaptation, de la terminologie descriptive des paysages urbains. Le bâti, sa nature, sa dispersion, ses rapports

---

<sup>1</sup> par exemple, classifications séparées selon divers types d'information : bâti, nature-fonction, matériaux, végétation...et croisement de ces classifications.

avec l'inter-bâti, la nature de celui-ci... sont quelques uns des aspects urbains pour lesquels il existe peu de termes descripteurs précis, tel qu'il en existe dans d'autres secteurs de la géographie comme la géomorphologie, la pédologie et la biogéographie. Les périphrases remplacent ici le terme.

Comme nous l'avons évoqué en introduction de cette troisième partie, des développements de ce type ont été réalisés par certaines Ecoles du paysage, tels les travaux en biogéographie des milieux tropicaux humides de J-F Richard (Richard, 1985 et 1989), à partir du vocabulaire élaboré par l'Ecole franco-ivoirienne du paysage (Beaudou et al., 1978). Ces recherches ont conduit à la mise au point d'un langage transdisciplinaire pour la description et l'analyse des paysages, selon des critères dont les mesures peuvent être traitées statistiquement. Dans le domaine urbain, un vocabulaire commun aux praticiens de la ville (géographes, urbanistes, sociologues...), indépendant de l'objet des disciplines, permettrait l'identification et l'analyse de grandes entités urbaines, paysagiques entre autre.

Imaginons, en guise d'exemple, le terme *temporaire phlogoïde*<sup>1</sup> ; il pourrait désigner un quartier constitué de cahutes de carton, dont les unités sont groupées en "paquets" denses, séparés entre eux par des distances importantes d'inter-bâti. A partir de ce terme extérieur à toutes les disciplines, chacun retrouve ensuite son champ d'analyse, en schématisant grossièrement :

- le sociologue comprendrait par ce terme un type de population ayant certaines structures socio-économiques, des forces sociales, des modes de vie, une histoire ;
  - l'urbaniste y verrait la précarité du bâti et les carences en équipements, des modes de développement ;
  - le géographe percevrait un certain type d'espace et de fonctionnement ;
  - le télédécteur urbain chercherait des informations radiométriques et texturales particulières ;
- ...etc...

Le type de méthode utilisée pour la description des milieux urbains a également montré la possibilité de décrire systématiquement et de quantifier les divers paysages. Dans le domaine

---

<sup>1</sup> Le terme *phlogoïde* est emprunté au *Langage interdisciplinaire...* et désigne une végétation disposée "en touffes"... (Beaudou et al., 1978).

urbain, des travaux aussi poussés que ceux de l'Ecole de Besançon présenteraient un intérêt certain, en particulier pour le rapprochement avec des méthodes modernes d'acquisition et de traitement de l'information : télédétection, Analyse des Données, Systèmes d'Information Géographique...

La méthode présente donc un grand nombre d'avantages et on peut envisager une généralisation des mesures linéaires à des surfaces. Il serait en effet intéressant d'étudier les distorsions introduites par ce type de mesures et de mettre en évidence des relations avec des caractères de surface, de façon à créer, par exemple, des abaques permettant la restitution de la dimension spatiale escamotée (densité de surface estimée à partir de la densité linéaire). Cette méthode pourrait s'inspirer de celle par points évoquée au § 8 du chapitre 10.

Dans la quatrième partie, nous montrerons comment l'information de terrain recueillie et classée, apporte un contenu de géographie urbaine précis aux classes issues de la composition colorée de 1989.





*4ème partie*

*L'image de 1989, études diachroniques*





Nous avons vu que la mise en relation des classifications de terrain et d'image présentait des difficultés due à la grande différence de dates, quatre ans, qui sépare l'acquisition de ces deux types d'information. En effet, certains quartiers comme ceux de Chimalhuacán et de Chalco ont fourni une information urbaine en 1990 qui aurait pu se révéler contradictoire avec l'information satellitaire de 1986, période où leur développement était moins avancé.

Il nous est donc paru préférable d'établir cette relation avec des données de date plus proche de celle de l'enquête de terrain.

La connaissance de cette seconde image nous permettra de tester diverses méthodes de comparaison pour tenter de mettre en évidence les secteurs du sud de l'agglomération qui ont subi des transformations significatives entre 1986 et 1989. Nous étudierons tout d'abord ces changements à l'échelle des régions, dans la mesure où ils concernent une part importante des surfaces étudiées. Une telle étape nous permettra de faire ressortir les grandes tendances, phénomènes saisonniers ou transformations d'ampleur liées à l'urbanisation en masse.

Nous nous proposons ensuite de réaliser une étude plus locale des changements qui corresponde mieux au développement urbain, à l'échelle plus fine de la colonie, et non plus à celle de la délégation ou du municipale. Dans cette étape de notre étude, nous serons amené à interroger l'information satellitaire jusqu'à la limite de son pouvoir de résolution. Dans la mesure du possible, nous essaierons de préciser la crédibilité que l'on peut accorder à nos conclusions, la part de la certitude, celles du possible et de la spéculation. Nous verrons en effet que les méthodes proposées n'apportent pas que des réponses à notre problématique de développement urbain, mais ouvrent aussi des questions sur des secteurs entiers de l'agglomération que la télédétection ne peut éclairer.

Cette quatrième partie nous permettra néanmoins de dresser une synthèse du développement urbain du sud-est de l'agglomération de Mexico.

# Chapitre 13

## L'image de 1989, correspondance des informations satellitaire et de terrain

---

L'analyse d'image a porté, jusque là, sur les données de 1986 ; par cette étape, nous avons exploré la structure des données, et nous avons pu classer les secteurs de la scène à partir de la composition colorée.

Notre étude de la croissance de Mexico, à l'aide de la télédétection, requiert la comparaison de deux images acquises à des dates différentes. Notre enquête de terrain s'étant déroulée d'avril à août 1990, nous avons choisi des données proches de cette période : celles du 24 décembre 1989. Notre comparaison permettra donc une étude des changements survenus entre mars 1986 et décembre 1989, soit sur près de quatre ans.

Après avoir présenté cette seconde image et ses principales caractéristiques, nous tenterons ici d'établir les relations qui existent entre l'information satellitaire et l'information de terrain.

### 1. L'image SPOT multibande de 1989

Nous présenterons ci-après les caractères généraux et les transformations effectuées sur l'image pour la rendre comparable à celle de 1986. Nous étudierons ensuite, succinctement, les



structures des données selon une démarche identique à celle utilisée pour l'analyse de l'image de 1986 : couleurs et texture de la composition colorée, caractères dont la classification rendra enfin possible la mise en relation avec la typologie de terrain.

### 1.1. Caractères généraux

L'image retenue, de mêmes coordonnées (K, J) que l'image de 1986 (voir chapitre 6), a les caractéristiques générales suivantes :

date : 24 décembre 1989 ;	NID : 0664909V
heure de passage : 17h env. ;	visée : 17,8 W ;
couverture nuageuse : 0% ;	niveau de traitement : 1B ;
satellite : SPOT-1 ;	capteur : HRV2 ;
mode : multibande ;	

Le décalage de la trajectoire de SPOT de 1 kilomètre à l'est, par rapport à sa trajectoire théorique, permet de couvrir le territoire urbanisé de Chalco. Cette caractéristique, l'absence de nuages, la proximité de la période d'enquête de terrain et l'existence d'une scène panchromatique acquise au même instant... ont concouru au choix de cette image parmi un catalogue offrant, il est vrai, peu d'autres possibilités.

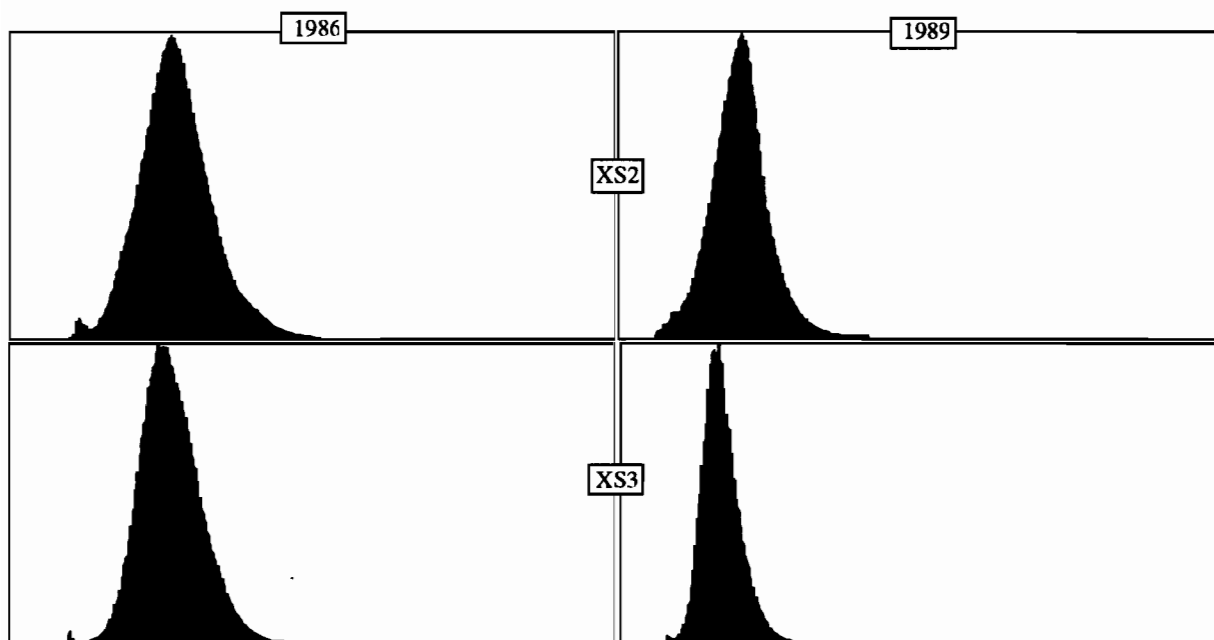


figure 131 : Histogrammes des canaux bruts 2 et 3, images de 1986 et 1989.

L'image présente globalement un aspect très peu contrasté ; cette caractéristique s'observe dans l'ensemble des canaux, mais se manifeste de manière particulièrement nette dans le canal 3. La figure 131 ci-dessus présente les histogrammes des canaux 2 et 3, que l'on peut comparer avec ceux correspondants de l'image de 1986. L'absence de contraste est mise en évidence par "l'écrasement" des histogrammes par rapport à ceux de 1986. On remarquera également que la distribution des valeurs de gris est globalement plus basse pour l'image de 1989.

Ces aspects sont résumés par la comparaison des statistiques élémentaires des deux images :

*tableau 29 : Statistiques élémentaires des trois canaux bruts, images de 1986 et 1989.*

	moyennes			écarts-types		
	XS1	XS2	XS3	XS1	XS2	XS3
1986	70,84	69,36	67,50	12,95	15,19	13,40
1989	56,30	50,70	41,94	10,84	11,70	8,90

Il résulte un "flou" généralisé de l'image, gênant pour l'observation visuelle et pour l'étude de la texture. L'écrasement de la distribution des valeurs de gris en un nombre restreint de niveaux représente également un handicap pour la discrimination radiométrique.

Ce manque de dynamique est, sans doute, lié davantage au vieillissement des capteurs SPOT, ou à un défaut de calibration, plutôt qu'à la mauvaise qualité de l'atmosphère. En effet, une cause atmosphérique, pollution ou brume, aurait sans doute moins affecté le canal 3 que les deux autres canaux correspondant au domaine visible.

La différence des dates de prise de vue (mars/décembre) introduit également un changement de l'aspect général de l'image de 1989 par rapport à celle de 1986. En effet, le mois de décembre correspond au début de saison sèche, et nous verrons que l'état de la végétation lié aux variations saisonnières, notamment dans les milieux naturels, constitue les principaux changements observables entre les deux dates.

## 1.2. Recalages des images de 1986 et 1989

Les comparaisons visuelle et statistique (voir chapitres suivants) ont nécessité deux types de rectification :

- un recalage géométrique de la seconde image sur la première, de façon à permettre une superposition des deux scènes. Une rectification géométrique de degré 1 à l'aide de 3 amers (programme *degrel* de Planètes), a été suffisante pour obtenir une superposition au pixel près<sup>1</sup>, en particulier des zonages (régions, Plan d'Occupation du Sol et zones d'enquête), effectués à partir de la première image ;
- une rectification radiométrique<sup>2</sup> de chacun des canaux, par réétalement linéaire de la dynamique pour les deux images. Cette opération est suivie d'une égalisation, pour chaque canal correspondant, des moyennes des données de 1989 avec celles de 1986. Cette rectification radiométrique des deux dates, l'une par rapport à l'autre, réalise en effet un rapprochement des caractères radiométriques (contrastes et clarté) et permet une comparaison plus étroite, notamment entre les deux compositions colorées.

Nous verrons plus loin que ce rapprochement n'autorise pas une comparaison directe et formelle entre les informations radiométriques issues des deux dates. Cependant, il rend possible une comparaison plus empirique, par exemple l'analyse visuelle simultanée selon les parentés de couleurs des deux compositions colorées.

A partir de cette image rectifiée, nous avons procédé à l'analyse de ses structures afin de les comparer à celles de l'image de 1986, et de déterminer les changements qui se sont opérés entre les deux dates.

---

<sup>1</sup> On observe toutefois certaines déformations dans les secteurs correspondants à des terrains en pente. Une rectification parfaite nécessiterait un Modèle Numérique de Terrain.

<sup>2</sup> Le recalage radiométrique selon le principe utilisé ici n'est pas obligatoire pour la création d'une composition colorée : le réétalement s'effectue en effet selon les bornes min/max ; nous verrons chapitre 15 qu'il a été nécessaire pour notre étude des différences radiométriques.

### 1.3. Structures de l'image de 1989

Nous avons réalisé une composition colorée à partir de l'image rectifiée, en déterminant les bornes selon le même principe que pour l'image de 1986 (voir chapitre 6, § 1.2.2). Les paramètres sont donc les suivants :

*tableau 30 : Bornes de la composition colorée, image de 1989.*

	XS1 : <i>bleu</i>	XS2 : <i>vert</i>	XS3 : <i>rouge</i>
min	6	7	8
max	84	83	91

Le néo-canal obtenu se compose de couleurs vives, saturées, à contrastes violents, caractéristiques qui s'expliquent par le réétalement de dynamique. Visuellement, les secteurs correspondant aux zones urbanisées apparaissent plus bleus que sur la composition colorée de 1986, réétalée ou non.

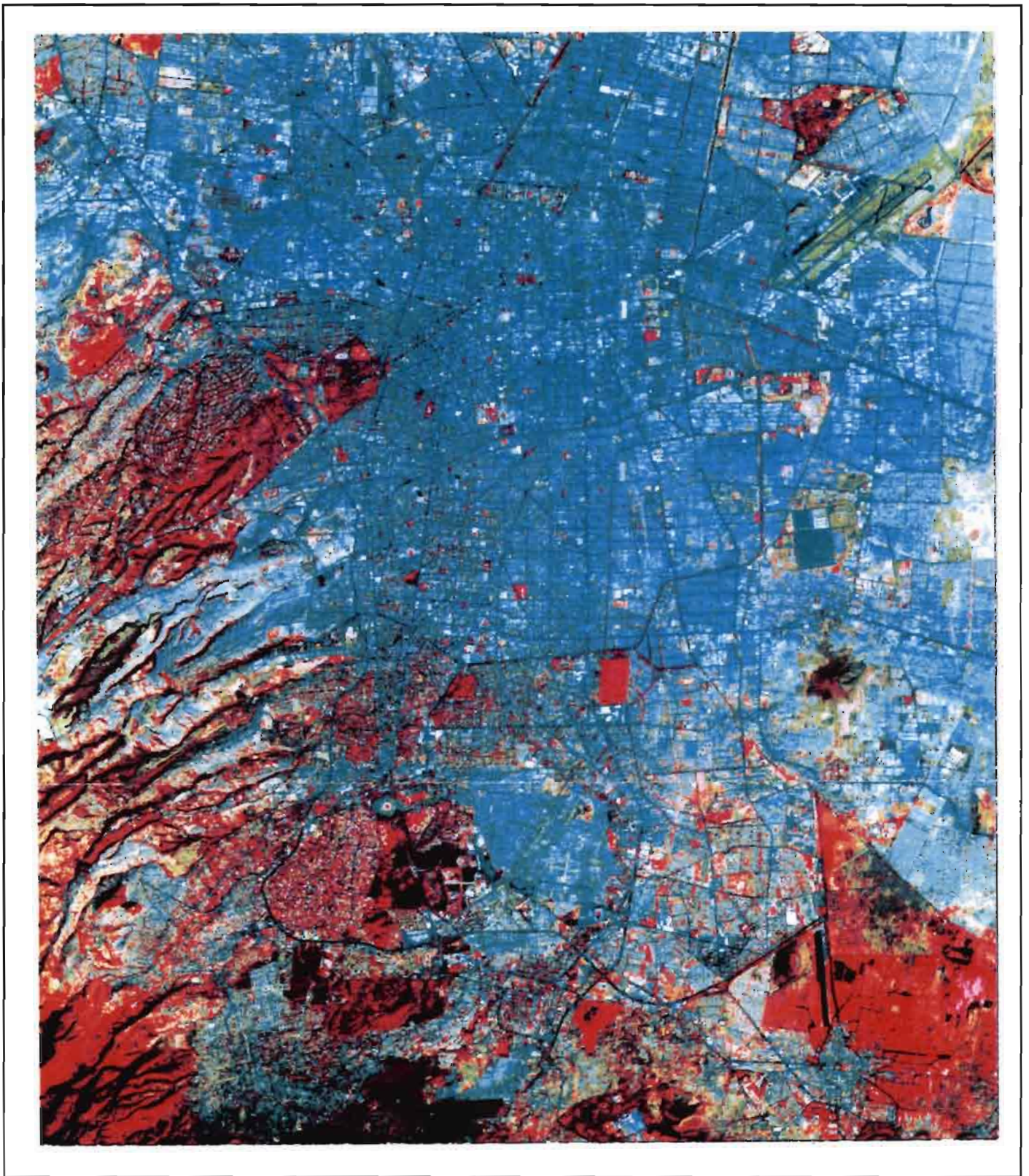
La figure 132 des pages suivantes présente la composition colorée résultante.

#### 1.3.1. Structures d'après l'information radiométrique

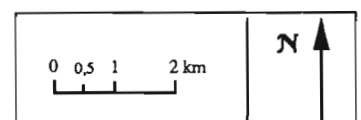
L'Annexe 12 produit les premiers plans factoriels déterminés par une A.F.C. appliquée au tableau des effectifs de pixels décrivant les 51 régions selon les couleurs (voir chapitre 7, § 1).

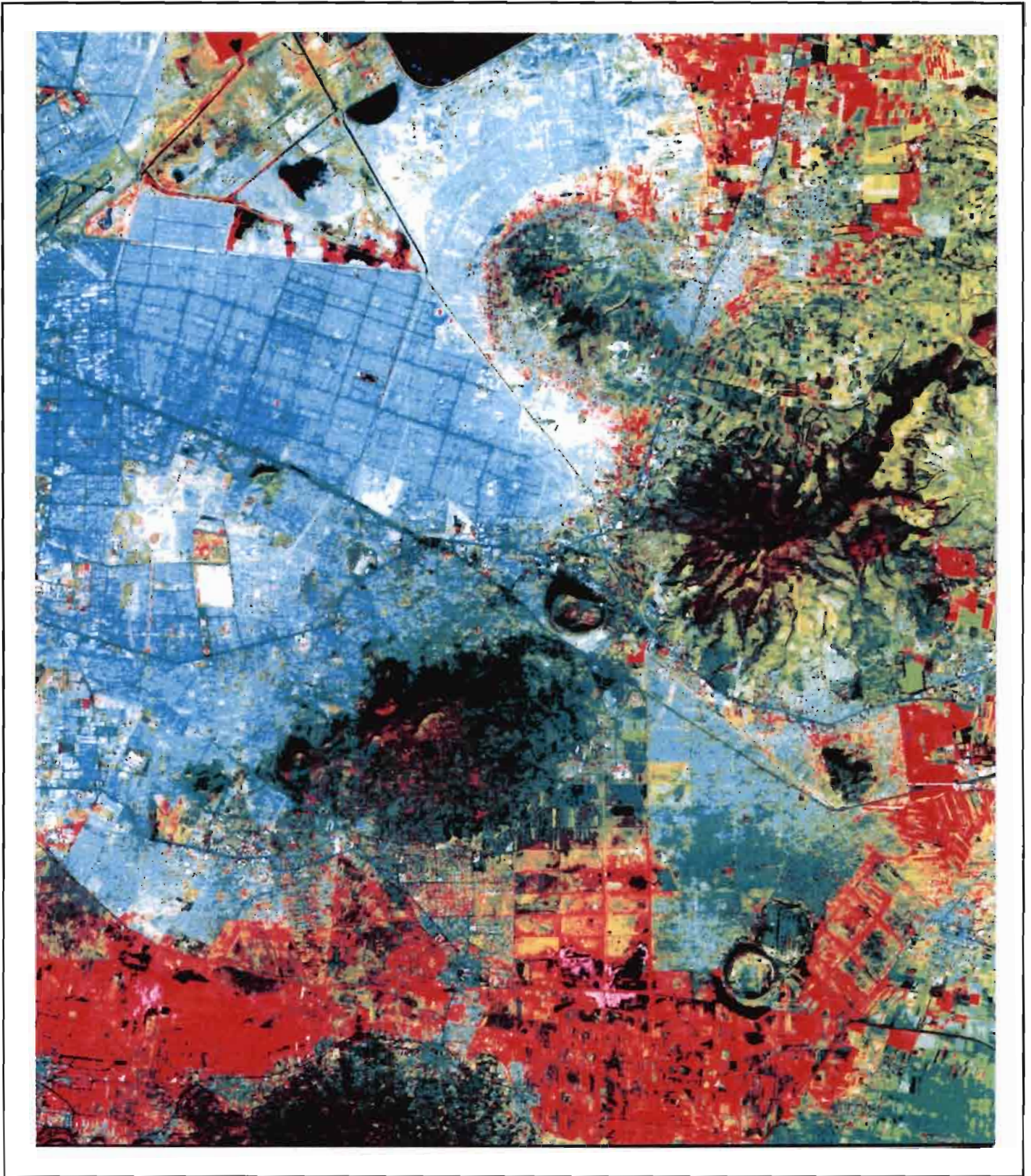
Les résultats montrent que les grandes structures que nous avons mises en évidence sur la composition colorée de 1986, se retrouvent globalement ici, en particulier les associations de couleurs et les oppositions-force :

- les couleurs rouges sont groupées en bas à gauche du plan 1-2 ;
- les couleurs très claires sont localisées dans le quart bas-droite de ce plan ;
- les couleurs foncées restent proches de l'origine...



*figure 132a : La composition colorée de 1989, zone d'étude (secteur ouest).*





*figure 132b : La composition colorée de 1989, zone d'étude (secteur est).*

On retrouve donc les oppositions thématiques qui concernent les secteurs à forte proportion de couverture végétale (R42, R45), ceux à sol clair (R1, R2, R50), à sol sombre (R12) ou densément bâtis (R8, R19, R34...).

Toutefois, on constate qu'il existe aussi des différences liées à des déplacements dans les plans factoriels de certaines régions (R3, R4, R5, R8, R19, R34...) par rapport à leur localisation respective dans les plans équivalents de la première image. Ces déplacements engendrent des formes de nuages de points moins concentrés, plus éparpillées, dans le plan 1-2. Ils sont dus à des changements notables dans la composition des régions en termes de couleur, changements ayant un sens thématique (voir chapitre suivant), et ils amènent une redéfinition des axes factoriels :

- l'axe 1 prend surtout en compte l'information concernant les couleurs rouges (thème : végétation) ;
- l'axe 2 conserve l'information sur la clarté des couleurs (thème : sol sombre/clair, bâti dense) ;
- l'axe 3 oppose les valeurs de couleur extrêmes aux valeurs moyennes (thème : secteur urbain-couvert végétal/surfaces minérales originelles-sols dégradés).

L'augmentation du poids statistique des couleurs rouges, en particulier rouges vifs, dans l'image de 1989 montre une plus grande importance des thèmes correspondants dans le secteur étudié. Si l'on se rappelle que ces couleurs correspondent à la végétation en période de forte activité chlorophyllienne, on constate que l'Analyse met en évidence les caractéristiques de la végétation à une date où l'eau subsiste encore en abondance. Cette particularité est très nettement observable dans les secteurs R41, R42, R44, R45, qui correspondent au domaine lacustre de Chalco, Tláhuac et Xochimilco. L'analyse visuelle permet en effet de constater l'existence de vastes surfaces rouge vif dans ces secteurs.

Il est intéressant de remarquer que la région R32 est localisée, dans les plans factoriels, à proximité des origines, alors qu'elle était très excentrée dans les plans de l'Analyse issue de la première image. Sur l'image, cette région apparaît en effet avec des rouges plus sombres que ceux des secteurs R41, R42... et semble moins spécifique (d'où son rapprochement des origines). Nous verrons, chapitre suivant, l'explication de cette différence (§ 1.3.4).

L'isolement des secteurs R40, R49 et surtout R46, est également lié à la végétation et aux conditions saisonnières : la discrimination des différents types de milieu naturel selon le critère d'existence ou non de végétation, se révèle particulièrement nette en décembre. La région R46 (Sierra Sta. Catarina) apparaît en effet aussi dénudée que les secteurs à sol salin (R1, R2, R50...) : sans aucune trace de végétation en cette période, l'humidité n'ayant pas persisté sur le massif rocheux et empierré<sup>1</sup>.

Les piémonts de l'Ajusco offrent au contraire de meilleures conditions à la végétation spontanée, et permettent une activité chlorophyllienne persistante trois mois après les pluies (R20, R23, R30...).

Dans le chapitre suivant, nous reviendrons sur ces modifications d'aspects entre les deux dates.

La répartition des principaux thèmes en fonction des sous-nuages, peut se résumer par la figure suivante :

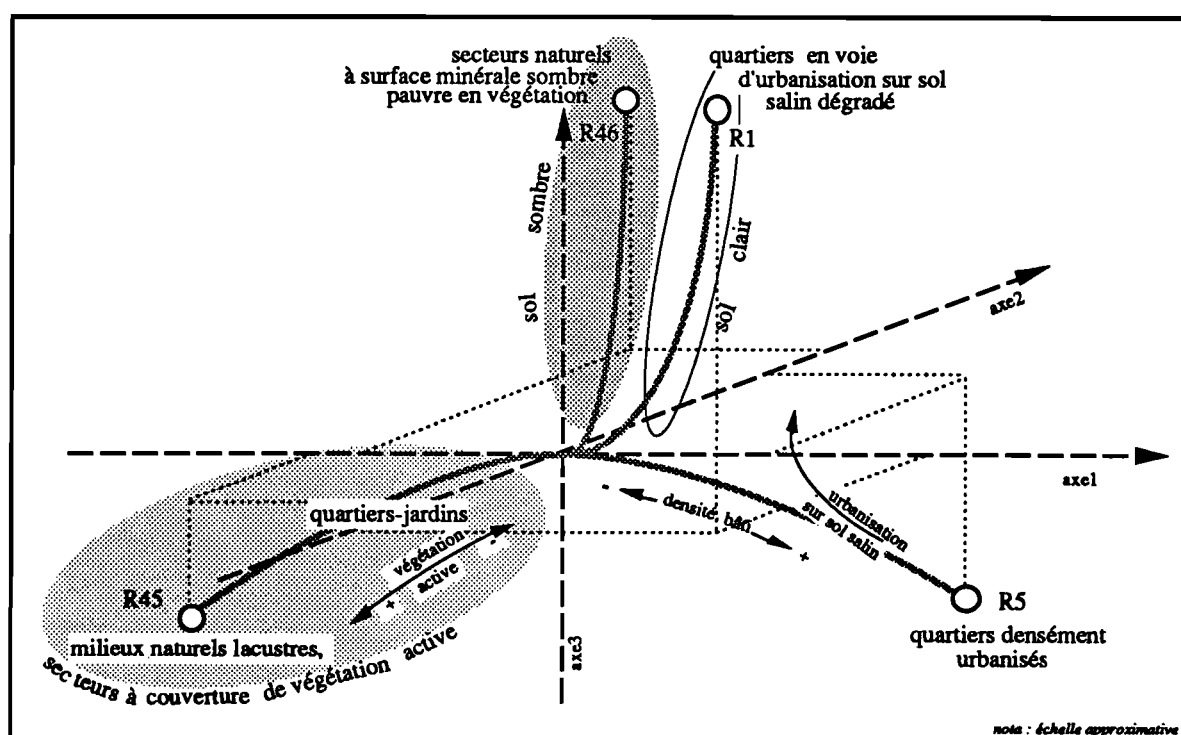


figure 133 : Répartition des principaux thèmes dans l'espace factoriel 1-2-3, selon l'image de 1989.

<sup>1</sup> Des constatations identiques peuvent être faites pour les régions poussiéreuses de Chalco R12 et R13.



Cette illustration peut être comparée avec la figure 57 construite à partir de l'image de 1986 (chapitre 7, § 1.2). L'existence d'une information importante sur la végétation et, corrélativement, la discrimination plus prononcée des surfaces végétalisées, divisent ici le nuage de points en quatre sous-nuages. Chacun de ceux-ci matérialise une grande tendance thématique, un grand caractère : surface à végétation dominante, surface naturelle sombre, surface naturelle claire, secteur urbanisé...

On constate que l'information supplémentaire permet de discriminer les secteurs densément bâtis des secteurs naturels à sol sombre, ce qui était impossible avec la première image sans avoir recours à l'analyse texturale (chapitre 7).

### **1.3.2. Structures d'après l'information texturale**

L'Analyse menée à partir des effectifs de pixels indicateurs de l'entropie (voir Annexe 13) révèle des structures de texture très comparables à celles mises en évidence par l'Analyse de l'image de 1986. On obtient d'ailleurs un nuage de points semblable, au signe des coordonnées sur l'axe 2 près, à la parabole mettant en évidence un effet Guttman (§ 2.2, chapitre 7). On retrouve également une nette séparation des régions à forte entropie, donc hétérogènes, à gauche (R32), de celles plus homogènes à faible entropie (R1).

Entre ces deux extrêmes, au point d'inflexion du nuage, se regroupent les secteurs à texture intermédiaire.

L'interprétation thématique de l'Analyse est donc très proche de celle développée pour l'Analyse de l'image texturale de 1986.

Cheminant dans notre démarche, nous avons réalisé des classifications dont le croisement nous permettra un rapprochement plus fin avec la typologie de terrain.

### 1.3.3. Classifications

Nous n'avons pas appliqué la C.A.H. aux 51 secteurs, mais aux 43 régions urbaines, puisque l'enquête de terrain n'a pas relevé d'information sur les secteurs du domaine naturel.

La tableau 31 ci-après produit le croisement qui résulte de la classification selon les coordonnées factorielles de l'Analyse des couleurs, et de la classification de texture selon le même type de données.

*tableau 31 : Répartition des 43 régions urbaines après croisement des classifications - image de 1989.*

	ct3	ct4	ct2b	ct2a	ct1
cc1				R30	R32
cc2a			R18, R26, R20, R28	R31, R29, R25, R24, R27	R22
cc2b		R39, R51, R36	R16, R17, R6, R38, R10, R9	R43	R23, R7, R21, R15
cc3	R12	R8, R37, R14, R19, R11, R33, R13	R35, R48		
cc4	R5	R3, R4	R34,		
cc5	R50	R1	R2		

*avec cc = classe de couleur, ct = classe de texture*

Les figures des pages suivantes illustrent les structures du tableau selon les couleurs (figure 134) et selon la texture (figure 135)<sup>1</sup>. On remarque les couleurs plus claires et une homogénéité plus grande vers le bas-gauche du tableau.

Ces caractères peuvent se résumer dans le tableau 32.

Dans l'étude diachronique, nous reviendrons sur ces structures de façon à les comparer avec celles de l'image de base, et à mettre en évidence les éventuels mouvements de régions à l'intérieur de celles-ci (chapitre suivant).

<sup>1</sup> Les histogrammes représentés sont ceux des régions ayant la plus forte contribution dans chaque poste du tableau. Par ailleurs, le logiciel *Cricket Graph* n'acceptant pas les nombres de séries excédant 64 pour les histogrammes, le nombre de couleurs représentées a été réduit à ce nombre.

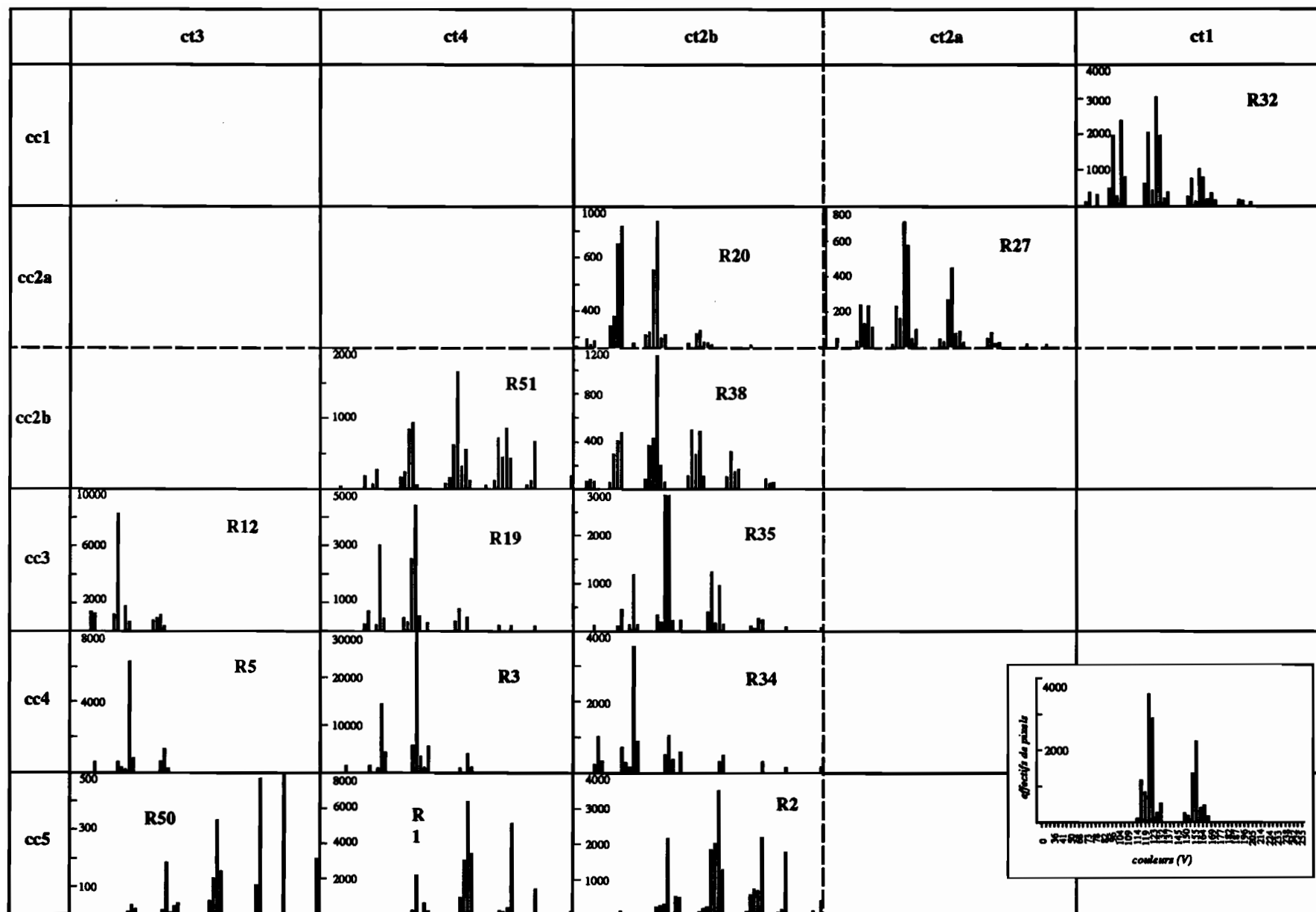


figure 134 : Répartition des associations de couleurs dans le tableau des croisements, image de 89.

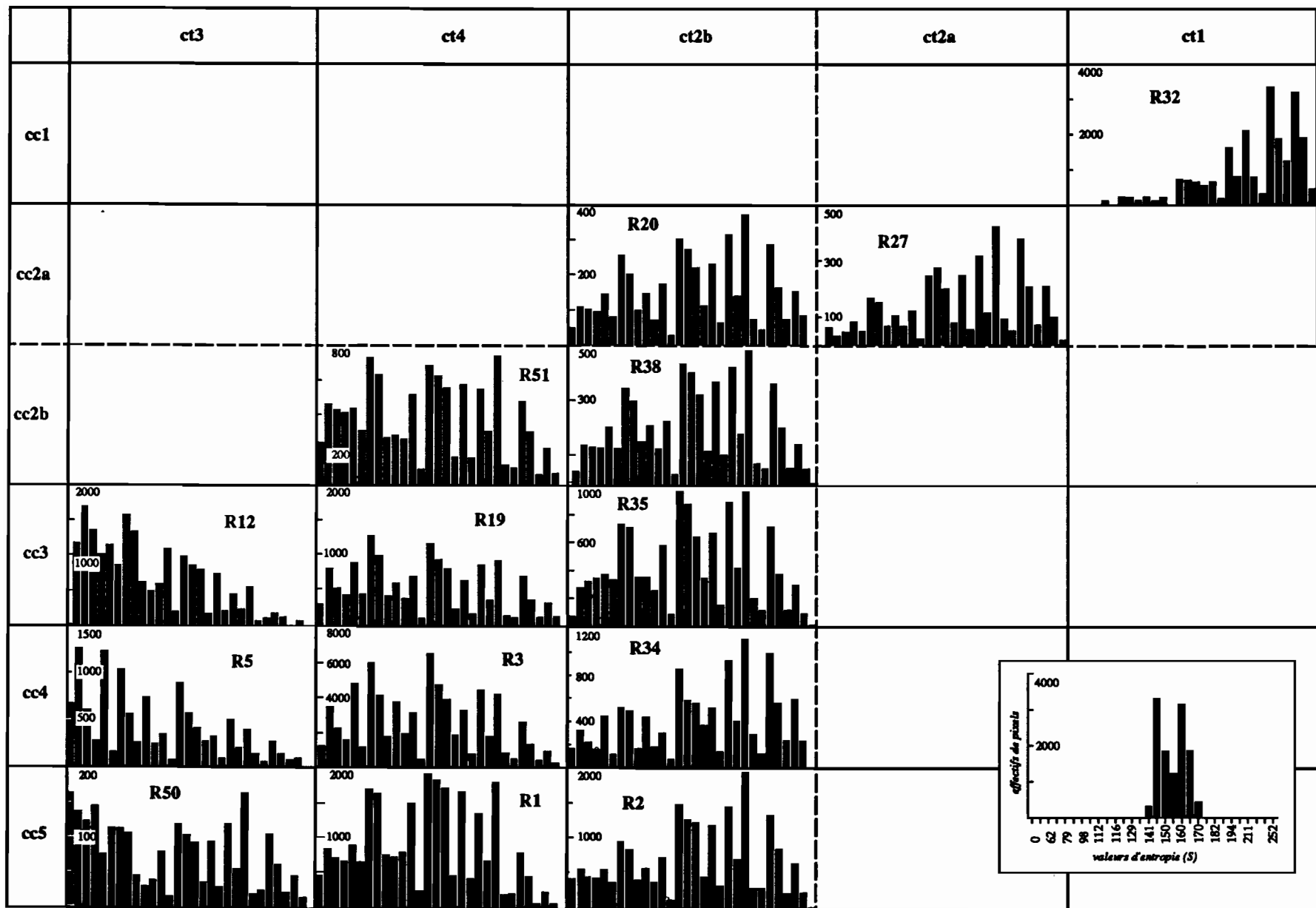
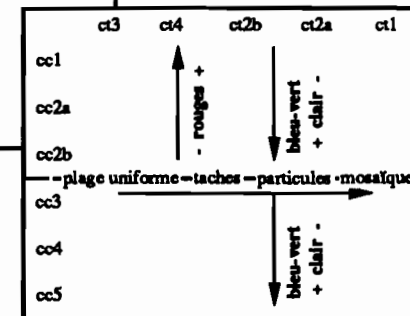


figure 135 : Répartition des valeurs d'entropie dans le tableau des croisements, image de 89.

tableau 32 : Synthèse des caractères de couleur et de texture, image de 1989.

	ct3	ct4	ct2b	ct2a	ct1
cc1					couleurs rouges et rouge sombre (v73, v100, v105, v137...) distribuées en mosaïque de points (forte entropie)
cc2a			combinaisons de vert sombre, de marron et de rouge sombre (v73, v77, v105, v109, v137, v141...) disposées...  ...en pixels isolés sur des surfaces uniformes	...en mosaïque de particules	
cc2b		couleurs claires et moyennement claires, combinaisons de bleus, de marrons et jaunes (v109, v113, v141, v145, v173, v177...) disposées en taches sur fonds uniformes	couleurs de clarté moyenne composées de marrons et de jaunes (v109, v77, v113, v145, v150) configurées en particules ou pixels isolés sur fond uni		
cc3	composés de verts et bleu-vert sombre, rareté des rouge sombre et marrons (v41, v45, v73, v77, v81, v114) agencés en plages uniformes	associations de vert sombre et vert-marron plus clair (v77, v82, v114, v118...), formant des taches	fonds uniformes en variétés de bleu moyen à clair (v82, v114, v118, v150, v155...), avec particules et linéaments plus clairs		
cc4	bleus de clarté moyenne (v82, v86, v114, v118...) en surfaces uniformes	assemblages de taches de couleurs voisines bleu-vert clair (v118, v123... et localement : v82, v86, v114, v119...) particules rares	assortiment de bleu moyen (v45, v82, v86, v118...) en fond, avec particules blanches et bleu clair		
cc5	bleus très clairs et blanc (v155, v191, v223, v255...) en plages uniformes	couleurs très claires en assortiments de taches et de particules (v118, v154, v155, v159, v191, v223...) où dominent les tons bleus associés au blanc			



Nous allons auparavant étudier les relations qui existent entre les résultats obtenus par notre méthode d'analyse d'image, et ceux obtenus par l'enquête de terrain, selon son déroulement dans les conditions exposées au chapitre 10.

## **2. Correspondances entre l'information satellitaire et l'information de terrain**

L'étude formelle des relations entre l'image et le terrain a nécessité la superposition des informations selon le mode que nous allons exposer, avant d'examiner les correspondances que l'on peut établir.

### **2.1. Intégration des deux types d'information**

Nous avons mis en relation le terrain et l'image en superposant les typologies de ces deux sources d'information. Rappelons en effet que nous avons étudié séparément les caractères des groupes d'objets (régions pour l'image, zones pour le terrain), et que les relations entre ces caractères nous sont données par la correspondance spatiale des zones aux régions, les premières étant représentatives des secondes (voir chapitre 10).

Dans le tableau de croisement des classifications présenté ci-dessus (§ 1.3.3), nous avons donc remplacé les régions par les zones correspondantes : à la région R32, par exemple, correspond la zone Z20. La répartition résultante des zones d'enquête en fonction des caractères de l'image apparaît dans le tableau 33 ci-après.

Or, dans le chapitre 12, nous sommes parvenus à regrouper les zones en classes, et à décrire chacune de ces classes en termes de paysage urbain. Nous avons donc reporté dans notre

tableau 33 ci-dessus l'extension des classes en fonction de la répartition des zones. Cette

tableau 33 : Répartition des 26 zones d'enquête selon le croisement des classifications d'image.

	ct3	ct4	ct2b	ct2a	ct1
cc1				Z15	Z20
cc2a			Z8, Z10, Z13, Z22, Z21	Z23, Z14	
cc2b		Z12	Z16		Z24, Z17
cc3	Z7, Z18	Z1, Z11, Z9, Z5, Z6, Z25	Z2		
cc4		Z4	Z19		
cc5		Z3	Z26		

avec cc = classe de couleur, ct = classe de texture

opération revient à superposer les caractères de terrain et les caractères des secteurs d'image représentés par le tableau.

Le résultat de cette superposition apparaît dans la figure suivante :

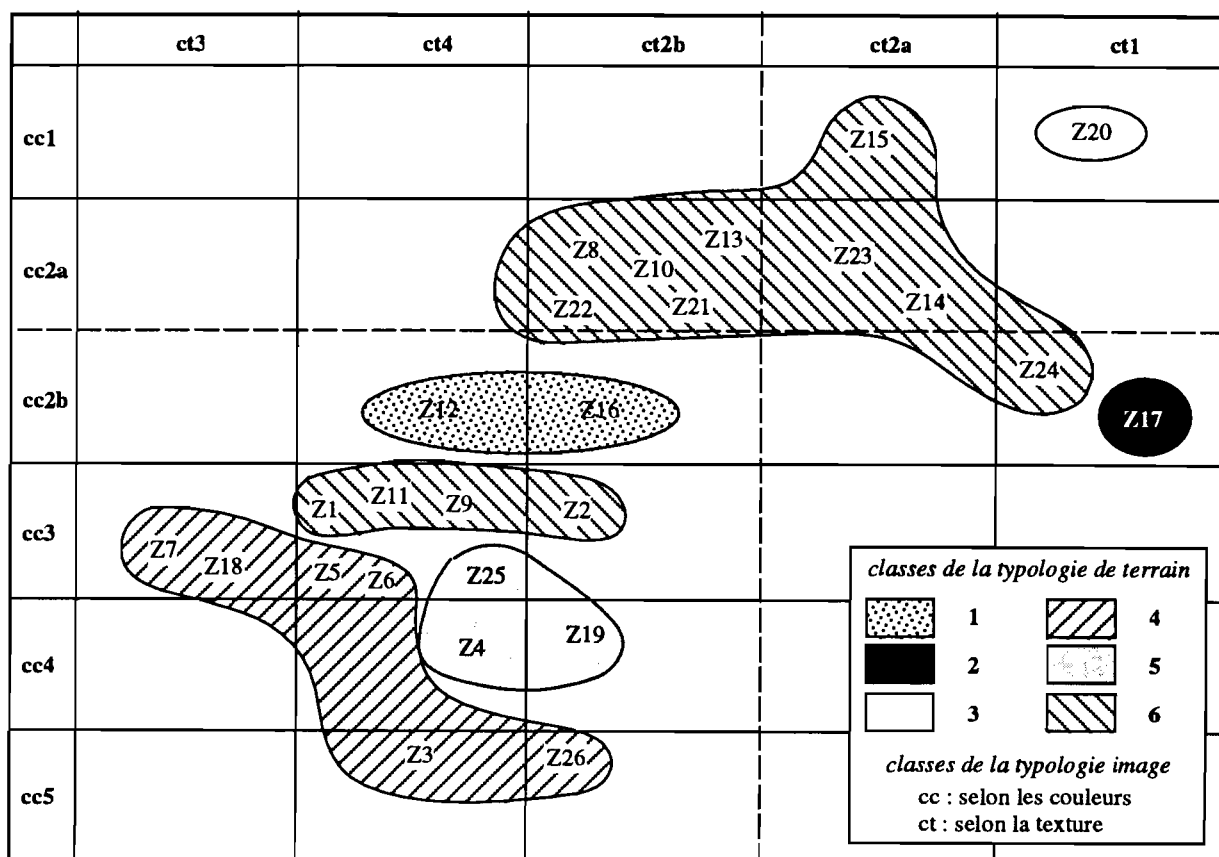


figure 136 : Extension des classes typologiques de terrain par rapport aux classes d'image.

On constate une correspondance satisfaisante pour notre problématique, entre la discrimination opérée sur l'image à partir des deux critères, et celle réalisée sur les zones par l'information de terrain. En effet, on vérifie aisément que les classes de terrain s'étendent sur un nombre limité de postes du tableau, le plus souvent contigus. A part le poste caractérisé par le croisement des classes d'image cc3-ct4, chaque poste ne correspond qu'à une seule classe de la typologie de terrain.

Les méthodes de mesure se révèlent donc, *a posteriori*, satisfaisantes, puisqu'il y a concordance simple et directe entre leurs résultats. Il nous est maintenant possible de formaliser les relations qui existent entre les caractères de couleur et de texture de l'image, et les caractères urbanométriques relevés sur le terrain.

## **2.2. Relations entre l'image et le terrain**

Remarquons globalement que les différents types de quartiers apparaissent sur l'image avec certaines spécificités ; on note par exemple que les classes 4 et 5 se situent en bas à gauche du tableau, se différenciant nettement des classes 2, 3 et de la plus grande partie de la classe 6. On remarque également que la classe 6 est divisée en deux, et que l'une de ses sous-classes cohabite avec des éléments de la classe 4 et de la classe 5 (poste cc3-ct4 du tableau).

Nous allons reprendre une à une les six classes de la typologie de terrain, afin de voir comment ces types de quartier se traduisent sur l'image, et nous essaierons d'expliquer et de résoudre les anomalies.

### **2.2.1. Correspondance de l'image à la classe 1 de terrain**

La classe 1 de la typologie de terrain correspond à la classe de couleur 2b, et se partage entre deux classes de texture : la 2b et la 4. Le tableau de synthèse ci-dessus (tableau 32, § 2.1) nous enseigne que ces secteurs d'image se caractérisent par des couleurs bleues assez claires, mais également de marron-beige et de rouge.



Par ailleurs, l'étude des zones d'enquête correspondantes, Z12 et Z16, nous a permis d'identifier ces secteurs et de montrer qu'ils appartenaient, en 1990, aux marches de l'agglomération. La faiblesse de la densité de construction laisse libre de vastes espaces d'inter-bâti, au sol souvent ou localement dégradé, mais qui voient se développer une strate herbacée importante à la saison des pluies (voir également la carte de quantité de végétation observée, en figure 124, chapitre 11).

La figure ci-après montre ces principales caractéristiques, en prenant comme exemple, la région R36, et la zone Z12 qui lui correspond. Rappelons que l'on pourra retrouver les couleurs réelles évoquées dans la figure, à partir de la mire présentée en figure 41, chapitre 6.

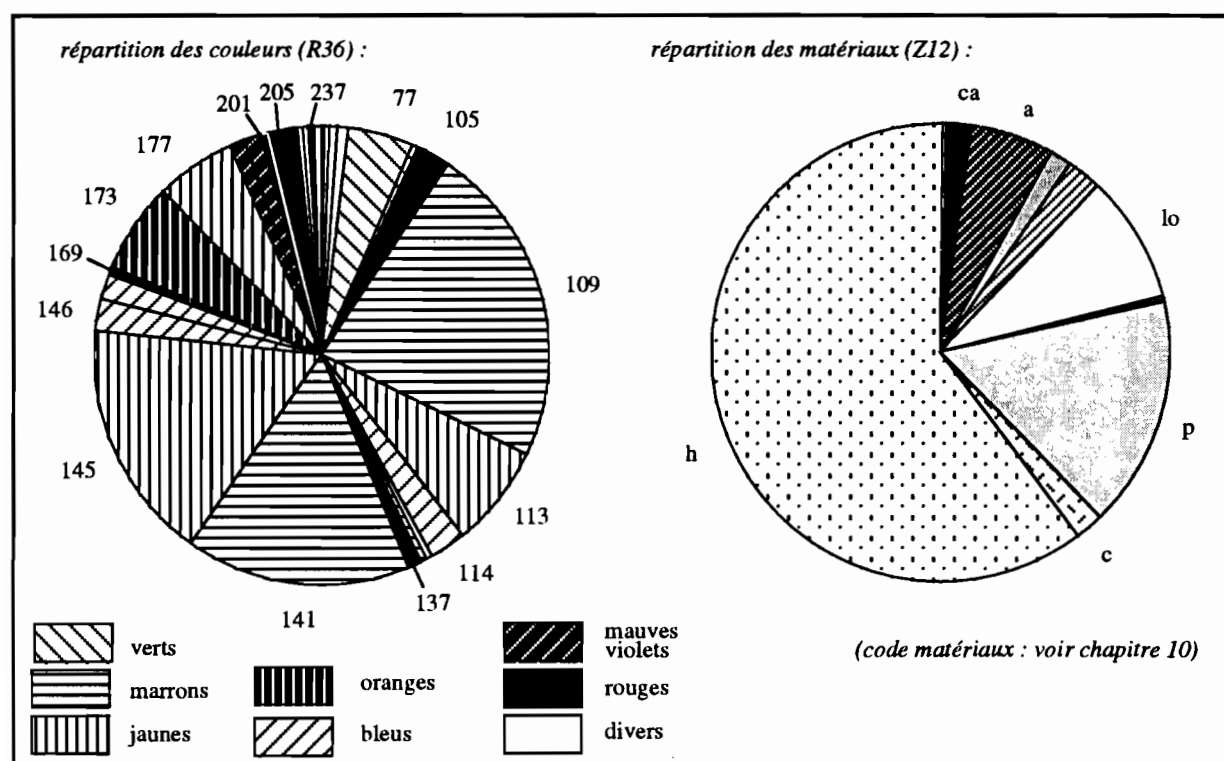


figure 137 : Relations entre les couleurs de la composition colorée (R36) et les surfaces d'inter-bâti, pour les secteurs de marches urbaines (zone Z12).

Ces deux graphiques à secteurs montrent clairement, à gauche, la prédominance des couleurs très différentes du rouge, et à droite l'importance de la couverture herbacée. Cette constatation peut surprendre : la correspondance entre les couleurs et le matériau herbacé se révèle en effet

contradictoire. Ce désaccord apparent entre la nature de la surface au sol et l'information radiométrique trouve explication en plusieurs points :

- la date des relevés de terrain correspond à la saison des pluies, c'est-à-dire en fort décalage saisonnier avec la date d'acquisition des données satellitaires. Six mois représentent en effet un décalage maximum, en termes de saison ;
- en conséquence, la strate herbacée à l'époque de l'enquête était nettement plus étendue, et la végétation elle-même plus verte et plus drue, d'où la forte proportion de longueur relevée ;
- inversement, l'exposition de cette végétation spontanée aux mauvais traitements infligés par l'urbanisation, la nature du sol, aussi, plus salin et moins humide en cet endroit, expliquent un étiolement plus rapide des plaques herbeuses dès la fin des pluies, et leur jaunissement ;
- enfin, les réponses radiométriques du sol nu, globalement plus fortes, ont masqué l'information plus sélective et localisée de la végétation restante, d'où sa sous-évaluation sur l'image. Cette sous-évaluation est d'autant plus importante, que la poussière recouvre les éléments de végétation situés au ras du sol.

Cette apparente contradiction ne révèle donc pas une défaillance de la méthode, mais tendrait au contraire à montrer que les informations obtenues contiennent une finesse suffisante pour mettre en évidence les différences de date dans leur acquisition.

L'information sur la végétation n'est d'ailleurs pas totalement absente : l'état de la strate herbacée transparait sur l'image par la faiblesse des effectifs de pixels rouges, et la forte clarté de ceux-ci (V169, V201, V205, V237...), liée à la présence du sol lui-même clair, et de la poussière. Les couleurs mauve, violette, marron et jaune... contiennent également, à des degrés divers et selon dosage avec les deux autres couleurs fondamentales, une information dans le rouge. Ces couleurs "intermédiaires" correspondent à une intégration des informations radiométriques propres aux deux composants (végétation et sol) par les capteurs SPOT, lorsque leur extension au sol est notablement inférieure à la tâche ; le *mixel* proposé par S. Rimbart remplace ici le pixel dans la mesure où plusieurs objets de nature différente coexistent sur une même surface élémentaire (S. Rimbart *in* Dagorne & Mahrou, 1987, p.45). Les proportions de surface occupée par l'un et l'autre des composants déterminent les nuances de couleurs.

La figure 138 ci-dessous résume cet aspect<sup>1</sup>.

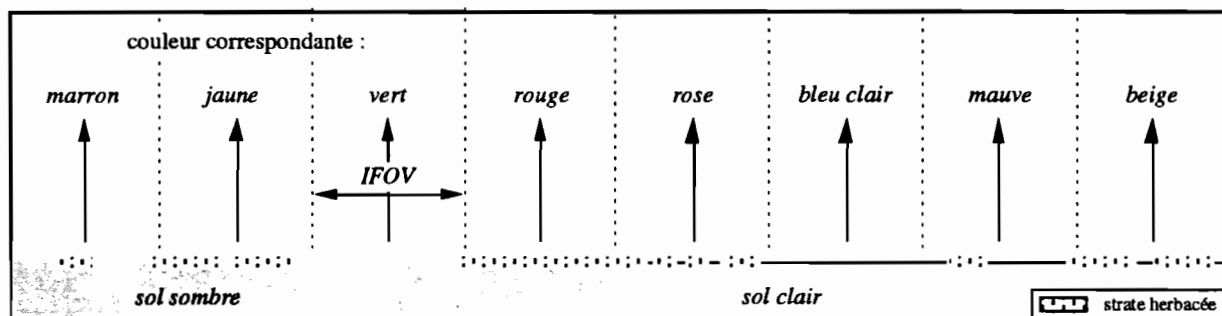


figure 138 : Exemples de couleurs déterminées selon la nature du sol et sa proportion occupée par la végétation.

La zone Z16 est également décrite avec une importante couverture herbacée, mais en saison sèche. Il s'agit dans ce cas d'un couvert très différent de celui de la zone Z12 en saison humide : le tapis est moins dense, et surtout l'herbe est jaune, alors qu'elle est très verte à Chalco. Le questionnaire de terrain ne permet pas de discerner l'herbe sèche de celle à forte activité chlorophyllienne, et les deux zones ont été regroupées ensemble, malgré cette différence d'aspect général.

La relation de la zone Z16 avec la classe 1 de terrain est plus logique, dans la mesure où la couleur de l'herbe sèche est plus proche de celle du sol et de la poussière, que de la couleur de l'herbe verte en saison des pluies.

L'essentiel des couleurs observées sur la composition colorée correspond donc à des terres non bâties, au sol dénudé par l'activité urbaine, où une strate herbacée à activité chlorophyllienne plus ou moins forte subsiste sous forme de lambeaux. On trouvera des précisions supplémentaires sur le type de paysage en question, dans le chapitre décrivant la typologie de terrain (chapitre 12, § 3.1.1).

La plupart des autres régions appartenant aux deux postes du tableau de croisement des classifications, semble pouvoir être mise en correspondance avec ce paysage typique des fronts urbains. Les régions R10, R16, R17, R38, R39, voisines de R36, paraissent bien

<sup>1</sup> L'enquête n'ayant pas eu pour objet de déterminer la densité de la strate herbacée, il n'est pas possible de dresser une relation précise entre la proportion de sol occupé par la végétation et le type de couleur. On ne propose ici que le principe de cette relation.

correspondre à des secteurs de marches urbaines : la poussée de Chalco et Ixtapaluca. L'urbanisation peu dense mais en développement intense, n'est ici qu'indirectement observable sur l'image (urbanisation occulte).

Quant à la région R51, classée avec les six régions précédentes, elle correspond plutôt à un "front urbain intérieur", c'est-à-dire à la conquête d'un secteur noyé dans l'agglomération, mais demeuré inexploité jusqu'à la fin des années 80.

Seule, la région R9 semble mal correspondre au paysage de marche urbaine : en 1989, ce quartier nord du nouveau Chalco est déjà fortement urbanisé et en voie de consolidation. La poussière, très abondante ici, est peut-être à l'origine de la confusion : il n'est guère possible, en effet, de distinguer des toits de même couleur que le sol non bâti.

Le nombre de zones d'enquête reste toutefois insuffisant dans ces secteurs pour confirmer, de manière formelle, l'appartenance de l'ensemble de ces régions au front urbain.

### **2.2.2. Correspondance à la classe 2**

Nous avons vu que ce secteur est caractérisé par un double contraste : bâtiments industriels/bicoques, et bâti/terres agricoles. La résolution des capteurs permet la transcription sur l'image d'une partie de ces contrastes représentée par l'association particules/surfaces homogènes, les premières correspondant au grand bâti, les secondes aux surfaces du domaine naturel, cultivées ou non.

La classification de cette texture parmi les secteurs les plus hétérogènes montre que l'aspect général de contraste a primé sur l'aspect local d'homogénéité : ce secteur d'hétérogénéité globale a été regroupé avec les régions à contrastes locaux<sup>1</sup> (R32).

La texture représente donc ici un critère fiable de liaison image-terrain. En ce qui concerne les couleurs, nous retrouvons un écart entre celles-ci et la nature des matériaux relevés sur le

---

<sup>1</sup> On notera que la C.A.H. distingue toutefois ces deux cas à un niveau hiérarchique inférieur.

terrain, identique à la différence observée pour la classe 1 (voir ci-dessus) :

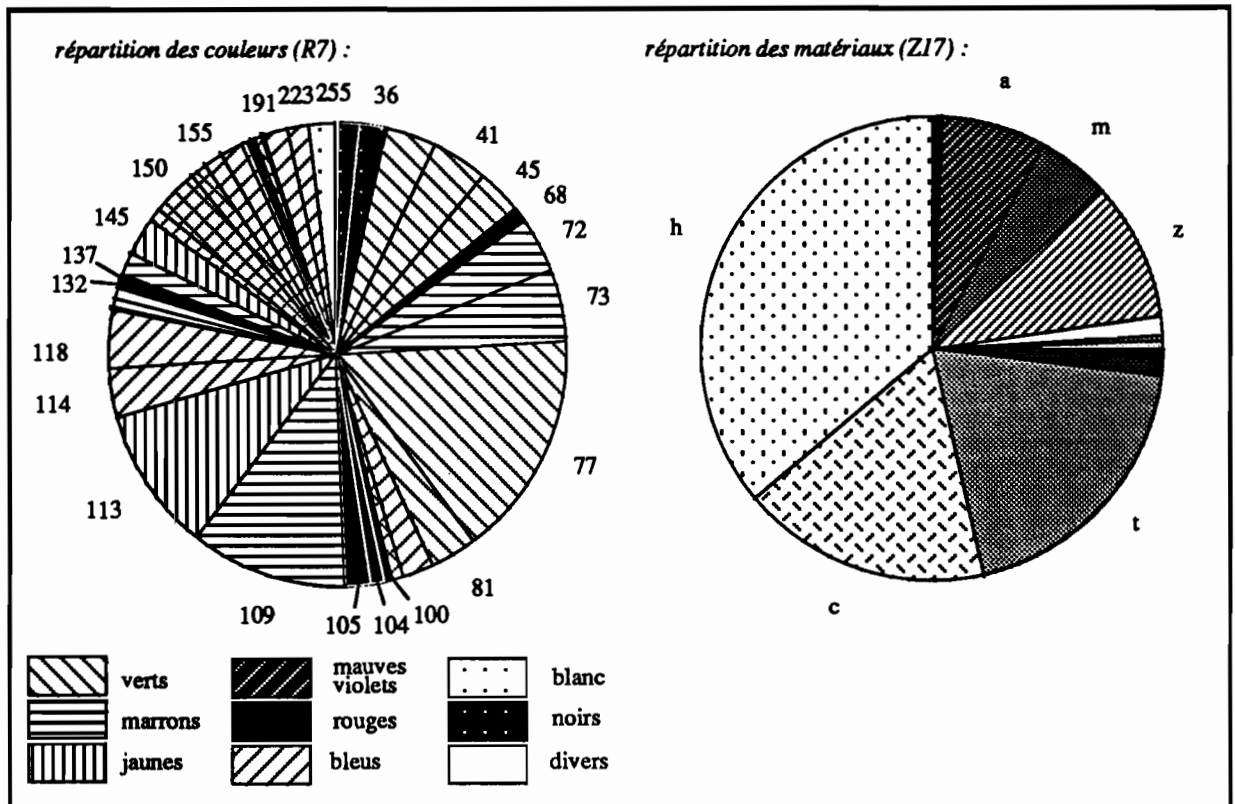


figure 139 : Ecart observé entre les couleurs du secteur R7 et les matériaux de la zone Z17<sup>1</sup>.

Cet écart trouve une explication comparable à celle de la zone Z12, qui appartient d'ailleurs à la même classe de couleurs que la zone Z17. Rappelons, en effet, que la forte différence saisonnière entre l'acquisition des données satellitaires et de terrain explique l'absence de couleurs rouges ou dérivées dans un secteur où l'on relève, pourtant, une part importante de couvert herbacé.

On notera également d'autres distorsions possibles dont les effets peuvent se cumuler :

- l'enquête, typiquement urbaine, s'est peut-être montrée inapte à saisir d'autres modes d'occupation du sol ;
- les transects ont suivi des axes de communication et n'ont pas traversé les champs ou pâturages ;
- le cinquième transect coupe les secteurs naturels systématiquement relevés comme secteurs de végétation, ce qui ne correspond vraisemblablement pas à la réalité...

<sup>1</sup> codes matériaux : voir tableau 26, chapitre 10.

Il reste que l'on peut établir des relations entre certaines couleurs et quelques thèmes :

- les couleurs V77 et V109 : sols sombres sans végétation ;
- V113, V114, V118... : sols avec végétation sèche ;
- V146, V150... : sols clairs sans végétation ;
- V223, V255 : toits clairs des bâtiments industriels, en particulier toits métalliques...

La généralisation des caractères de la zone Z17 à l'ensemble des régions regroupées dans le même poste cc2b-ct1 du tableau de croisement (R15, R21, R23) n'est envisageable que pour certains aspects, en particulier :

- la présence de grands objets (bâti ou non) ;
- l'existence de secteurs uniformes dont les matériaux sont de nature minérale ;
- la cohabitation de ces éléments très différents, et l'homogénéité du contraste...

Ces caractères généraux sont en particulier valables pour la région R23 décrite par les relevés de la zone Z24, alors que celle-ci est regroupée avec la classe 6 de terrain : toutes les régions du poste cc2b-ct1 ne correspondent pas à la classe 1 de terrain, mais peuvent se ressembler par certains aspects que l'information satellitaire a captés.

Par exemple : les régions R23 et R7 correspondent à des milieux perçus très différents par l'enquête de terrain. Cependant, sur l'image, elles se ressemblent par des couleurs et une organisation texturale comparables. On est donc amené à conclure que, bien que globalement différents, leurs paysages ont certaines caractéristiques communes en partie évoquées ci-dessus.

### **2.2.3. Correspondance à la classe 3**

L'enquête de terrain a mis en évidence la spécificité de la zone Z20, tandis que les classifications d'image ont fait apparaître les caractères très particuliers de la région R32 correspondante. La forte proportion de couleurs rouges de R32 (54%) est en relation directe avec la proportion de surface couverte de gazon dans Z20 (40%), et avec l'importance de son

couvert arboré. Inversement, la densité relativement faible du bâti pavillonnaire, et son occultation par le couvert arboré (37%), se traduisent sur l'image par la rareté des couleurs à fort dosage de bleu ou de vert. L'importance du couvert végétal explique aussi que le sol est pratiquement invisible.

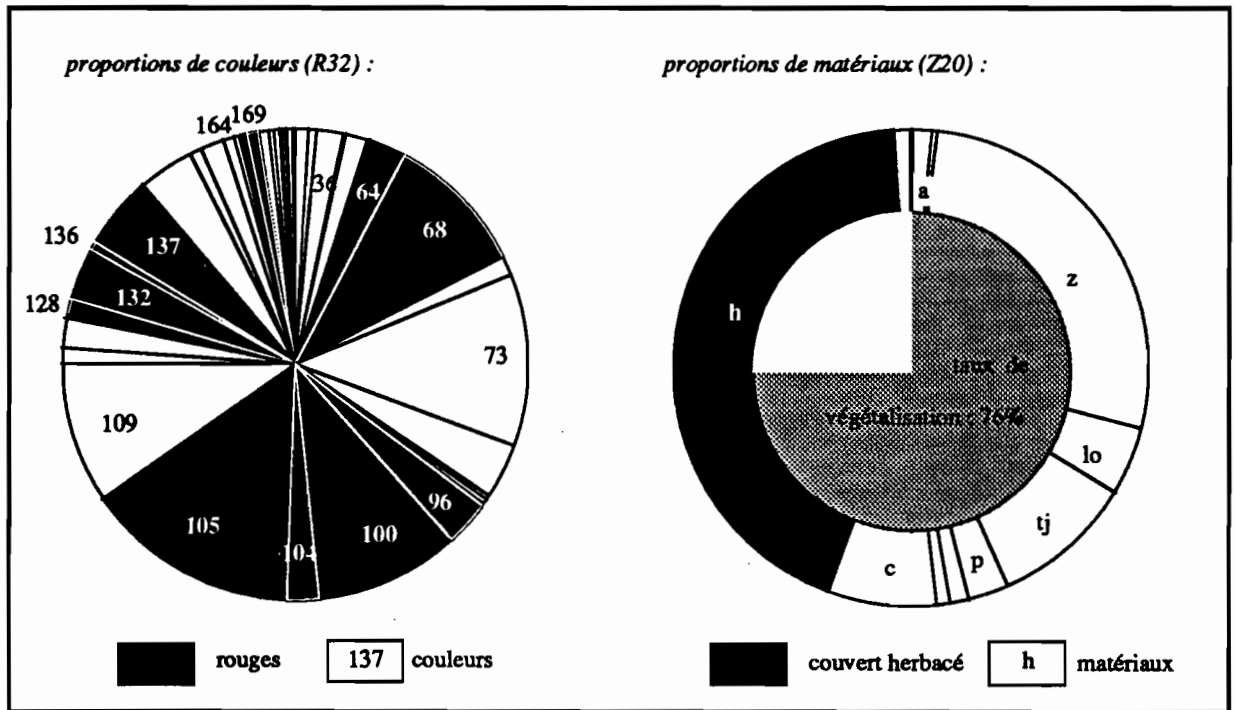


figure 140 : Relations entre le couvert végétal (Z20) et les couleurs rouges de la composition colorée (R32)<sup>1</sup>.

La texture particulièrement grossière est liée au morcellement de l'espace et du paysage, lui-même en relation avec le découpage des terres en lots, que chaque occupant aménage selon ses goûts et ses priorités. Ce morcellement peut paraître paradoxal dans un lieu uniformément investi par la végétation ; les diverses formes de celle-ci est la cause de la richesse des contrastes locaux. Nous avons vu (chapitre 12, § 3.1.3) qu'une telle recherche dans l'agrément du paysage, est liée au niveau socio-économique élevé des occupants ; ce type de quartier est l'un des exemples les plus probants de la détermination du paysage urbain décelable sur image SPOT, en fonction des aptitudes économiques des habitants à le façonner.

Pour les raisons que nous avons exposées sur l'entretien des jardins, ces quartiers sont

<sup>1</sup> codes matériaux : voir tableau 26, chapitre 10.

particulièrement visibles sur l'image de saison sèche ; on retrouve ainsi, sans ambiguïté, les quartiers de l'est de l'agglomération dont nous connaissons la qualité de l'urbanisation (chapitre 3) : le centre de Tlalpan, le centre de Coyoacan, le quartier du grand *San Angel* et celui, plus au nord, des *Lomas de Chapultepec*.

Ces caractères se dissipent, mais restent décelables, dans les quartiers caractérisés par un urbanisme de qualité comparable, plus dense (pavillonnaire sur jardins plus exigus, petits immeubles...), comme ceux de Coyoacan-est, de Via Coapa, ceux situés le long d'Insurgentes-sur dont le quartier Del Valle, vers le centre de l'agglomération. A l'est, au contraire, on remarque l'absence de ce type de quartier, hormis celui de Tláhuac.

La figure 142 page suivante permet la localisation des 31 principaux rouges extraits de la composition colorée de 1989. On constate l'abondance de cette couleur à l'ouest (vers Desierto de los Leones) et au sud (Ajusco). On remarque le vaste secteur vide de végétation à l'est, du Centre jusqu'aux exploitations agricoles de Chicoloapan et Chalco (nord-est et sud-est).

La relation du paysage spécifique de ces secteurs avec le caractère de texture de l'image pourrait être améliorée en étudiant la répartition spatiale des *objets-végétation*. Ceux-ci, déterminés à partir du questionnaire initial, seraient constitués par cumul des longueurs contiguës caractérisées par un même caractère végétal (voir chapitre 10, § 7), et les indicateurs de taille, de dispersion, de fréquence... de ces objets expliqueraient sans doute mieux la structure texturale de l'image en mosaïque de points.

Cette méthode conviendrait particulièrement aux secteurs dont le profil est déterminé directement par le caractère de la végétation :

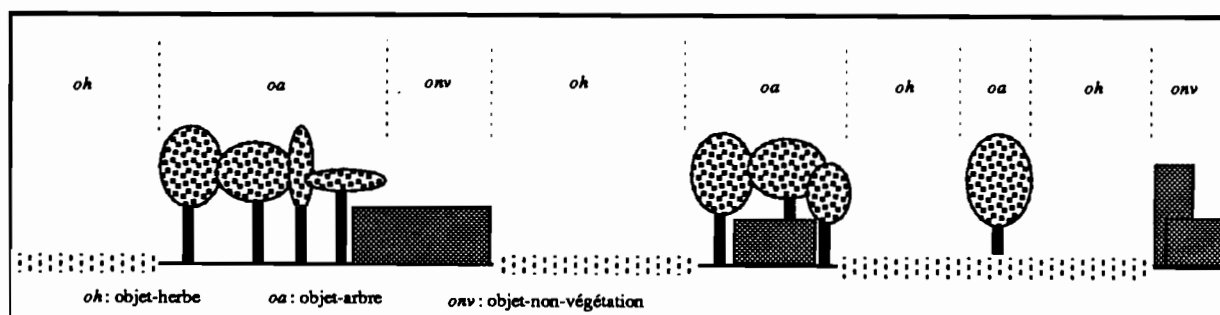


figure 141 : Exemple de caractérisation des quartiers-jardins par les objets-végétation (Z20).



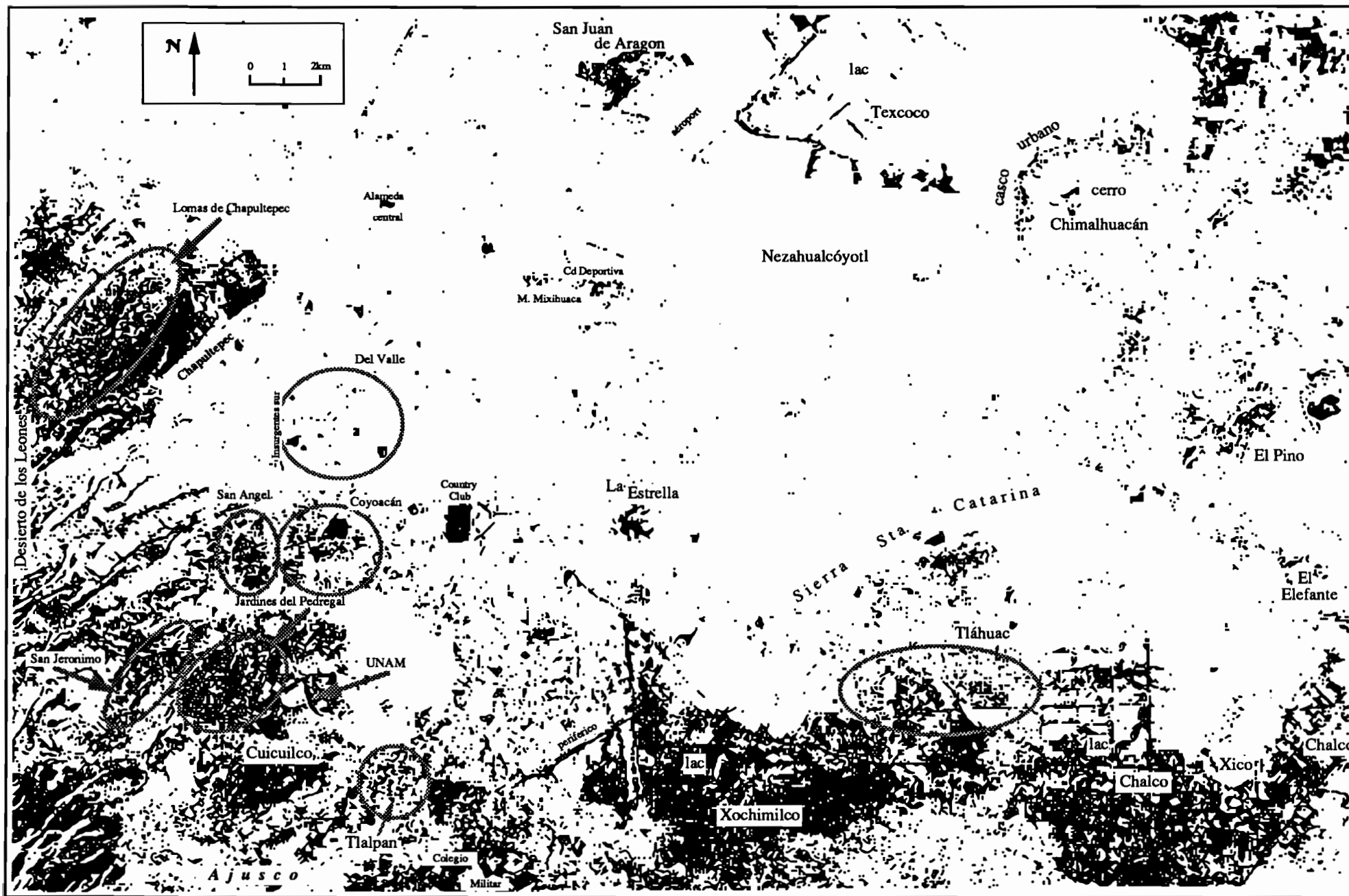


figure 142: Localisation des principaux foyers de végétation dans le sud de l'agglomération, selon 31 couleurs rouges (1989).

### 2.2.4. Correspondance à la classe 4

Dans le tableau de croisement des classifications, la classe 4 de terrain se scinde en deux groupes répartis selon deux classes radiométriques distinctes :

- le groupe des zones Z7, Z18, Z5 et Z6, basé sur la classe 3 des couleurs (cc3) ;
- le groupe Z3 et Z26, basé sur la classe cc5.

Cette distinction est directement liée à la localisation géographique des zones ; le premier groupe rassemble en effet les zones de Chalco, le second : celles de Chimalhuacán. L'examen de la figure 134 du paragraphe 1.3.3 montre le décalage des hautes fréquences de couleurs vers les couleurs claires dans la classe cc5, par rapport aux plus grandes fréquences des couleurs sombres dans la classe cc3 (voir aussi tableau 32).

La figure ci-après nous confirme la prédominance des verts sombres dans la région R12 et des bleus clairs dans la région R1 :

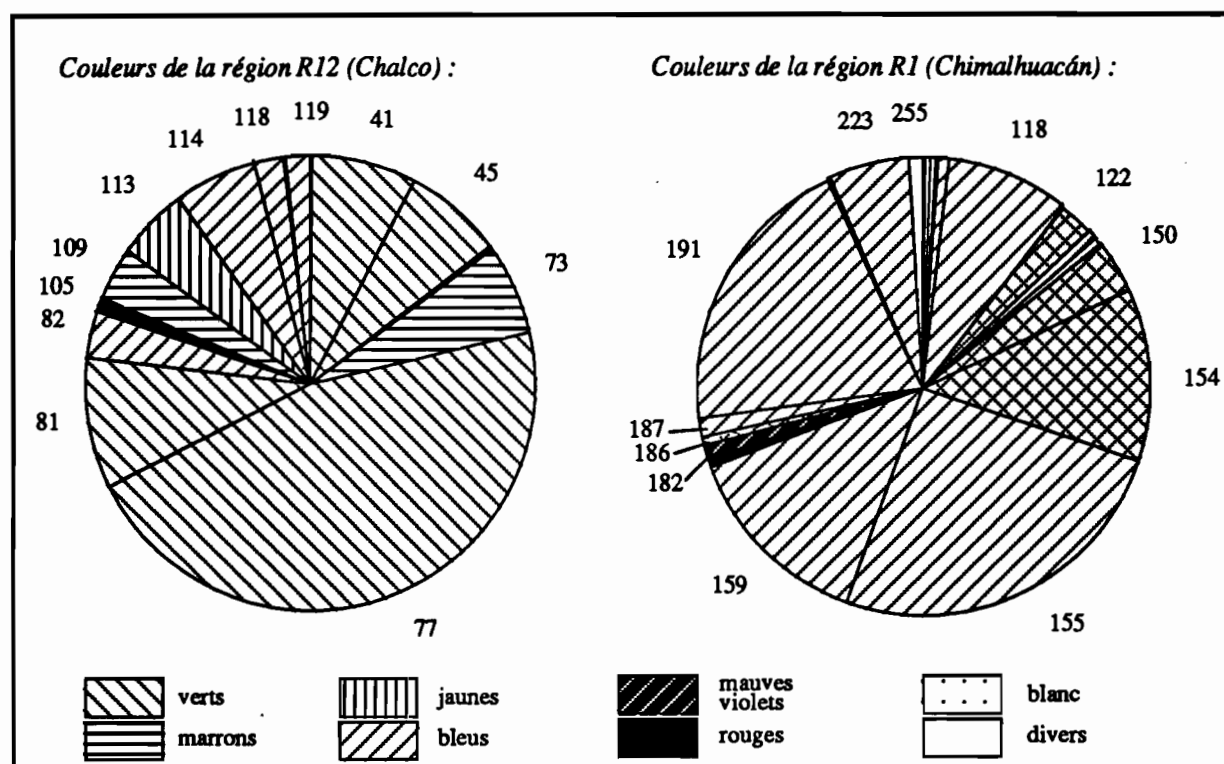


figure 143 : Répartition des couleurs selon les deux groupes de la classe 4 (régions R12 et R1)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> codes matériaux : voir tableau 26, chapitre 10.

Par ailleurs, nous avons vu dans le chapitre 12 que la classe 4 se caractérise par un bâti moyennement dense (25 à 40 cel/km, soit un tiers de l'espace décrit) et de taille (6 à 8 m) inférieure à celle de l'inter-bâti (11 à 14 m). Le faible taux de bétonnage (moins du tiers des distances mesurées) explique que la plus grande partie des surfaces non bâties soient constituées de terre ou de poussière (faibles taux de végétalisation).

Ces caractéristiques montrent ici la prépondérance des réponses radiométriques du sol, selon sa nature et son état, sur toute autre origine. Pour des quartiers de même type urbain, la classification radiométrique distingue donc les deux groupes, selon l'environnement pédologique dans lequel ils sont construits :

- le groupe des zones sur sol clair : Chimalhuacán ;
- le groupe sur sol plus sombre : Chalco-est.

La figure suivante rappelle la prédominance des surfaces d'inter-bâti :

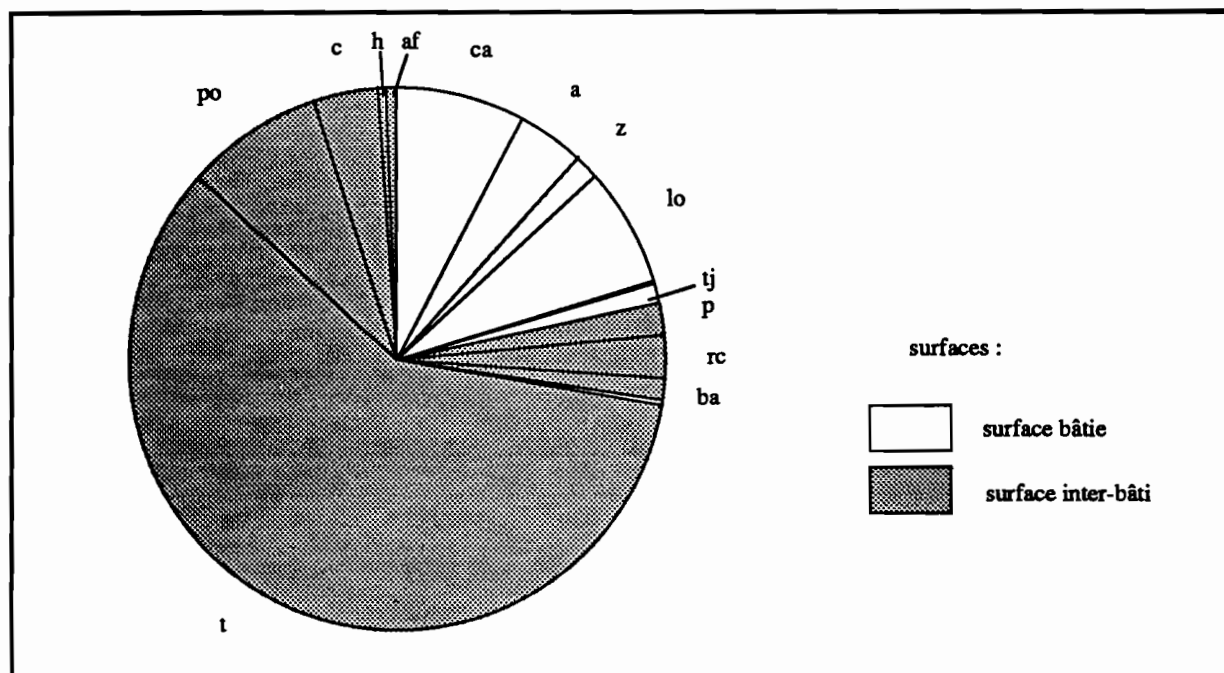


figure 144 : Répartition des matériaux de surface (zone Z3)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> codes matériaux : voir tableau 26, chapitre 10.

La dispersion des six zones sur trois classes de texture est également l'expression sur l'image de certaines nuances entre les caractères des quartiers. On remarque en particulier que les zones Z7 et Z18 correspondent à la classe de texture ct3 rassemblant les secteurs d'image à plages uniformes. Cette particularité est en relation avec la structure du bâti de ces quartiers, caractérisée par des variantes et des combinaisons entre divers paramètres, tel que : la densité, la taille moyenne, la dispersion, la consolidation... du bâti.

Il semble que la spécificité des deux zones sur l'image soit en relation avec un stade moins avancé dans le développement urbain : bâti moins dense et/ou plus petit et/ou plus précaire... faiblesse de l'urbanisation qui explique sa plus grande invisibilité sur l'image, que dans les quatre autres zones. Au contraire, les contrastes avec l'environnement sont plus importants lorsque l'urbanisation est plus dense, d'où un décalage des zones Z3, Z5, Z6 et Z26 dans des classes à texture plus marquée : ct4 et ct2b.

Cette explication concorde avec les caractères du développement urbain de Chalco dans le chapitre 5. Nous étudierons certaines relations avec l'image diachronique au chapitre 15, § 3.10. On remarquera également, que l'enquête de terrain, comme la caractérisation par la télédétection, met en évidence des variantes à l'intérieur de la classe 4, entre Z7, Z5, Z18 et Z3, Z26, Z6, à la zone Z5 près.

Dans cette catégorie de quartiers, la télédétection permet donc de repérer certaines nuances du terrain.

En revanche, la généralisation des caractères de terrain à l'ensemble des postes du tableau de croisement ne peut être envisagée que pour les postes cc3-ct3, cc5-ct4 et cc5-ct2b ; nous savons qu'elle n'est pas possible pour le poste cc3-ct4, puisque les classes de terrain 5 et 6 y sont également représentés (voir figure 136).

### **2.2.5. Correspondance à la classe 5**

La classe 5 de terrain est composée de trois zones réparties sur trois postes du tableau de croisement :

- deux classes de couleurs dans la gamme sombre et moyenne, cc3 et cc4, où dominent les vert-marron, et qui forment des surfaces dépourvues de rouges, mise à part une faible proportion de V105. La figure 145 ci-après montre la répartition des couleurs dans la région R33, dont on pourra apprécier la ressemblance avec la répartition des couleurs dans la région R12 appartenant également à la classe cc3 (voir figure 143) ;
- deux classes de texture, ct4 et ct2b, caractérisées par une configuration des couleurs en taches, éventuellement en particules (R19, classe ct2b).

Nous avons vu que les zones Z4, Z19 et Z25 de cette classe de terrain représentent les secteurs densément urbanisés de la périphérie proche (Coyoacán, Iztacalco) et moyenne (Nezahualcóyotl) de l'agglomération : forte proportion d'espace bâti (2/3), taille moyenne de l'inter-bâti inférieure à celle du bâti, généralisation du béton et du ciment, rareté de la végétation, etc... (voir § 3.3.1, chapitre 12).

Les couleurs vert sombre constatées sur l'image sont à mettre en relation directe avec la densité et le vieillissement des matériaux de construction d'origine minérale : changement du gris clair en gris plus foncé du béton. La plus grande abondance des couleurs bleues V82, V114, V118... dans les secteurs R3 et R34 est liée à l'existence du substrat lacustre qui persiste, malgré la stabilisation du sol d'inter-bâti. La poussière est en partie apportée par le vent du nord depuis le Texcoco (voir § 1, chapitre 4). Cette différence dans l'association des couleurs constitue la spécificité respective des classes de couleurs cc3 et cc4.

La couleur V105 correspondant à des traces de végétation, est plutôt la traduction d'un petit couvert arboré : 8% de la distance mesurée en zone Z25.

L'abondance des rectangles de couleurs claires, blanc notamment, dans la région R34 explique son appartenance à une classe de texture à particules, moins homogène. Ces particules correspondent aux toits essentiellement métalliques des bâtiments industriels (proportion de matériaux métalliques : 4,8% de la distance mesurée, soit deux fois supérieure à celles des autres zones). Le quartier *Agrícola Pantitlán* associe en effet les fonctions résidentielle et industrielle, comme le confirme les indicateurs de terrain : 45 maisons d'habitation et 7 usines au kilomètre décrit (voir figures 114 et 117, § 1.3, chapitre 11).

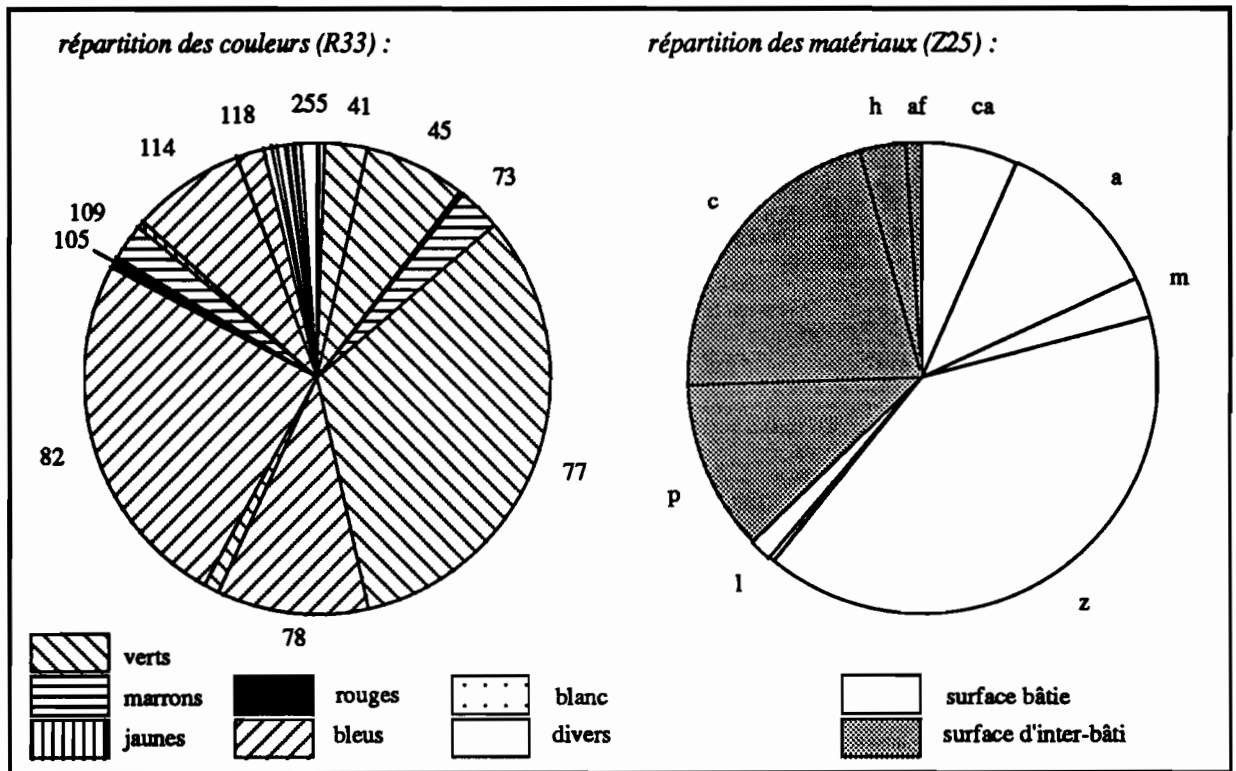


figure 145 : Répartition des couleurs (R33) et des matériaux de surface dans les secteurs formant la classe 5 (zone Z25)<sup>1</sup>.

Ce même quartier, Z19, présente également une assez forte densité d'immeubles (4,1 ihs/km). La méthode a donc permis de distinguer le quartier à grand bâti de ceux à petit bâti résidentiel uniquement.

Ces constatations permettent de reconstituer le paysage urbain de ces secteurs, tels qu'ils apparaissent sur les coupes urbaines de la figure 126, zones Z4 et Z25 : bâti consolidé, cubes de béton occupant la plus grande partie du lot, souvent à 2 étages, en alternance avec un inter-bâti cimenté et asphalté, selon une structure mise en évidence par les séquences de dispersion (figures 127 et 128)...

Ces relations entre l'image et le terrain peuvent être étendues à la région R4 fortement ressemblante à R3. Pour les mêmes raisons que celles évoquées pour la classe 4 de terrain (confusion dans le poste cc3-ct4), on ne peut pas appliquer les caractères de terrain de la zone Z25 aux régions autres que la R33 (poste cc3-ct4 du tableau de croisement).

<sup>1</sup> codes matériaux : voir tableau 26, chapitre 10.

### 2.2.6. Correspondance à la classe 6

Comme pour la classe 4, la superposition de la classification de terrain sur le tableau de croisement sépare la classe 6 en deux groupes bien localisés dans le tableau :

- le groupe des zones Z8, Z10, Z13... essentiellement localisé sur la classe de couleurs cc2a, et sur deux classes de texture : ct2a et ct2b ;
- le groupe Z1, Z2, Z9 et Z11 caractérisé par une classe de couleurs : cc3, et principalement par une classe de texture : ct4 ;

La figure 143 du § 2.2.4 présente la distribution des couleurs de la région R12 appartenant à la classe de couleurs cc3 ; la figure ci-après permet la comparaison de la région R8, de la même classe, à la région R18 de la classe cc2a :

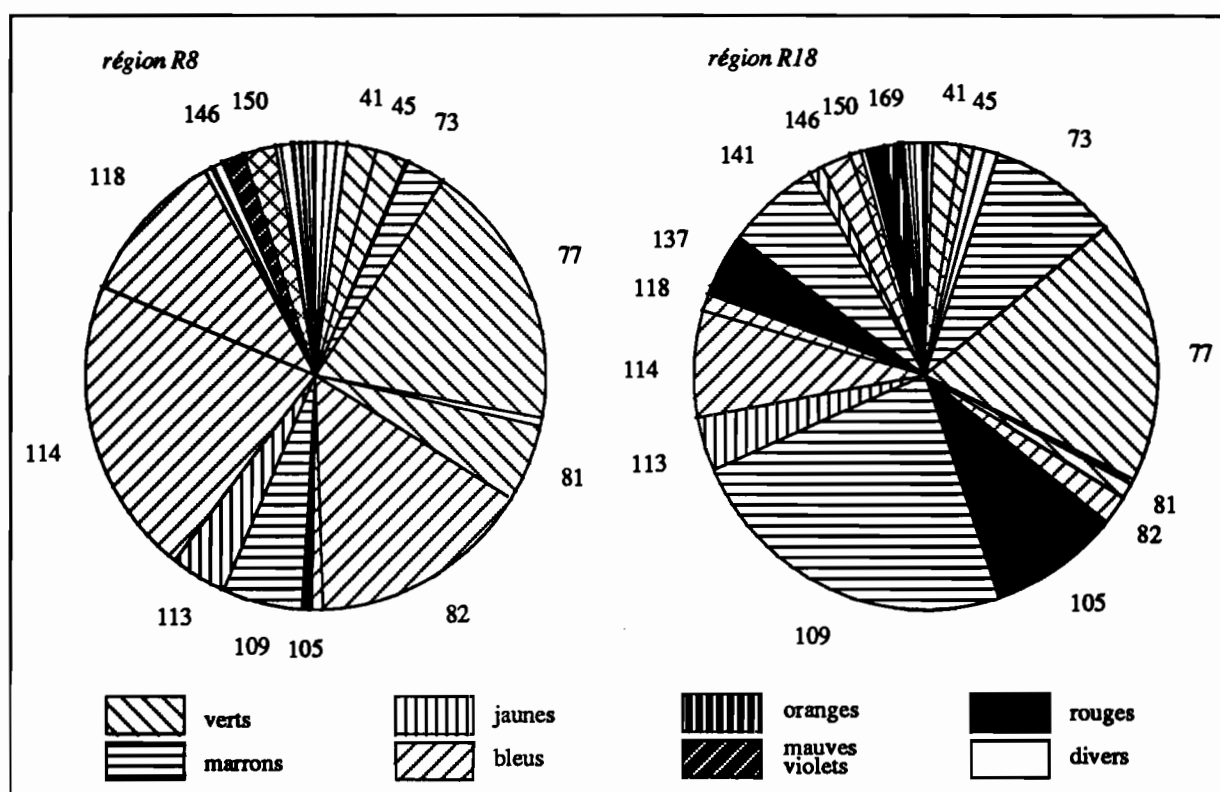


figure 146 : Répartition des couleurs selon les deux groupes de la classe 6 (régions R8 et R18).

On constate aisément sur ce graphique que la différence entre les deux régions réside surtout dans l'abondance des couleurs bleues V82, V114, V118 dans la région R8, alors qu'elles sont

réduites dans la région R18 au profit des couleurs vertes et marron V73, V109 et V141. On remarque aussi les couleurs V105 et V137, des rouges presque totalement absents dans le secteur R8. Cette distinction par la classification met en évidence une différence de couleurs dominantes : bleus et vert-marron, et une proportion plus importante des tons sombres dans R18 que dans R8.

La correspondance terrain montre quelques variantes dans l'urbanisation : une distance d'inter-bâti généralement plus grande dans les zones du groupe de R18 (zone Z10) et, corrélativement, davantage de végétation. Les zones Z1, Z2... ont une proportion de distance bâtie (*procel*) globalement plus forte, mais un tiers des distances reste sans bâti.

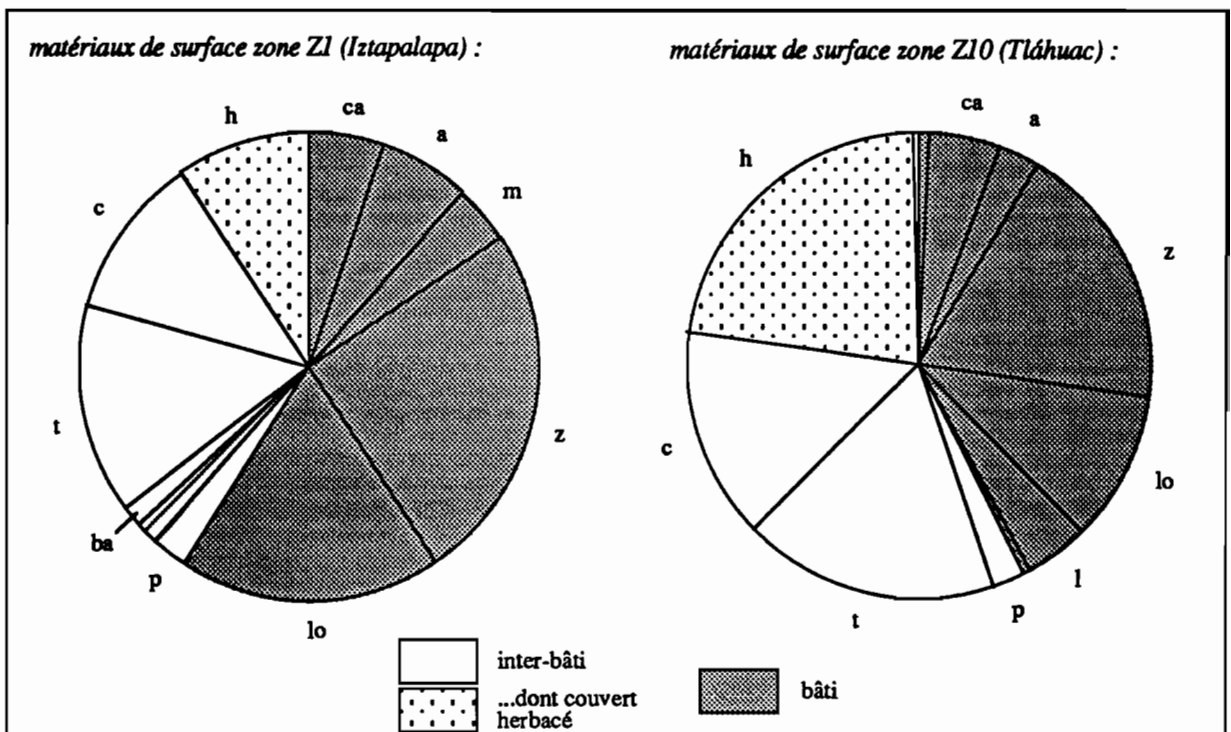


figure 147 : Répartition des matériaux de surface selon les deux groupes distingués par les classifications d'image (zones Z1 et Z10)<sup>1</sup>.

La division de la classe 6 en deux groupes par le traitement d'image a donc la même origine que la division de la classe 4 : le sud de l'agglomération et Tláhuac sont en effet construits sur des

<sup>1</sup> codes matériaux : voir tableau 26, chapitre 10.



terres plus sombres que la délégation d'Iztapalapa établie sur des terrains plus clairs. La densité de construction de la classe 6, plus forte que dans les zones de la classe 4, se traduit par une association de couleurs globalement plus sombres, même si des nuances apparaissent, liées à un inter-bâti encore important. Les secteurs les plus clairs de la classe 6 correspondent aux secteurs les plus sombres de la classe 4. Ils représentent des secteurs densément construits sur sol sombre (zone Z25, classe 5). Ces trois configurations se rassemblent dans le poste cc3-ct4 du tableau de croisement, et dans ceux alentour.

A cette distinction liée au sol, s'ajoute ici celle en relation avec la végétation, particulièrement repérable dans les secteurs d'image du sud (terrains moyennement construits et fertiles).

La couleur du sol n'étant pas relevée par l'enquête, on ne retrouve pas cette distinction dans la classification de terrain. Nous avons signalé qu'il existe toutefois une discrimination des zones du sud de celles de l'est, à un niveau hiérarchique inférieur de la classification. Cette distinction est sans doute liée à la présence de végétation dans le sud. Les données d'enquête permettent donc d'appréhender indirectement la nature de certains sols, ou plus exactement certaines grandes différences pédologiques, en fonction de l'existence ou non de végétation.

On remarque également l'étirement de la classe 6 sur la presque totalité des classes de texture : des zones Z1, Z11, Z9 constituées de taches (classe ct4), à la zone Z24 qui est un assemblage de particules et de points (classe ct1, voir figure 135). Ces organisations correspondent bien aux grands types d'occupation du sol évoqués dans le chapitre de l'analyse de la classification de terrain : quartiers résidentiels populaires uniformes d'Iztapalapa en Z1 et Z11, quartier multifonction de Xochimilco à paysage hétéroclite, en zone Z24. Dans ce secteur, l'hétérogénéité est d'ailleurs renforcée par rapport à l'image de 1986, du fait de la présence d'une végétation plus dense.

A l'exception des postes du tableau cc3-ct4 et cc2b-ct1, la généralisation des caractères de terrain observés dans les zones d'enquête peut être envisagée dans leurs grandes lignes, si l'on

tient compte de la localisation de ces zones par rapport aux classes de couleurs (existence de végétation, couleur des sols...). On remarque cependant certaines disparités dans les proportions de bâti et d'inter-bâti : *procel* Z8 = 27%, *procel* Z11 = 53%. En termes de classification, cet écart n'est guère gênant : la classe 6 reste nettement comprise entre les classes 4 et 5, quant à la proportion d'espace bâti.

### 2.3. Information urbanométrique et satellitaire, synthèse

L'étude des relations des six classes de terrain avec les classifications d'image nous permet d'établir une synthèse des rapports entre les caractères urbanométriques et les caractères couleur-texture de l'image. Les liens terrain/image sont résumés par les figures 148 et 149 des pages suivantes.

On remarque entre autre la disparition de la couverture végétale, herbacée en particulier, vers la partie inférieure de la figure 149, ainsi que l'augmentation de la proportion de distance construite : entre le quart et le tiers dans la partie supérieure, et la moitié ou les deux tiers vers le centre du tableau. Dans ce gradient, on note également l'interruption due à la classe 1 de terrain, et la confusion, déjà évoquée, qui persiste dans le poste cc3-ct4 où se côtoient des zones de densités urbaines différentes ; il est donc impossible de savoir ici s'il s'agit de secteurs à sol sombre peu construits (Z5), de secteurs à sol clair moyennement construits (Z1), ou de secteurs très densément construits (Z25).

Le tableau 34, plus loin, donne les moyennes par classe de terrain de quelques indicateurs, en relation avec les classes d'image. Ce tableau permet de vérifier que les quartiers fortement bâtis se trouvent légèrement décentrés vers les postes bas-gauche, et que ces secteurs se situent en position intermédiaire par rapport aux surfaces végétalisées (haut-droit) et aux surfaces minérales (postes bas-droit du tableau).

Ce tableau peut-être directement mis en rapport avec le tableau 32 en début de § 2.

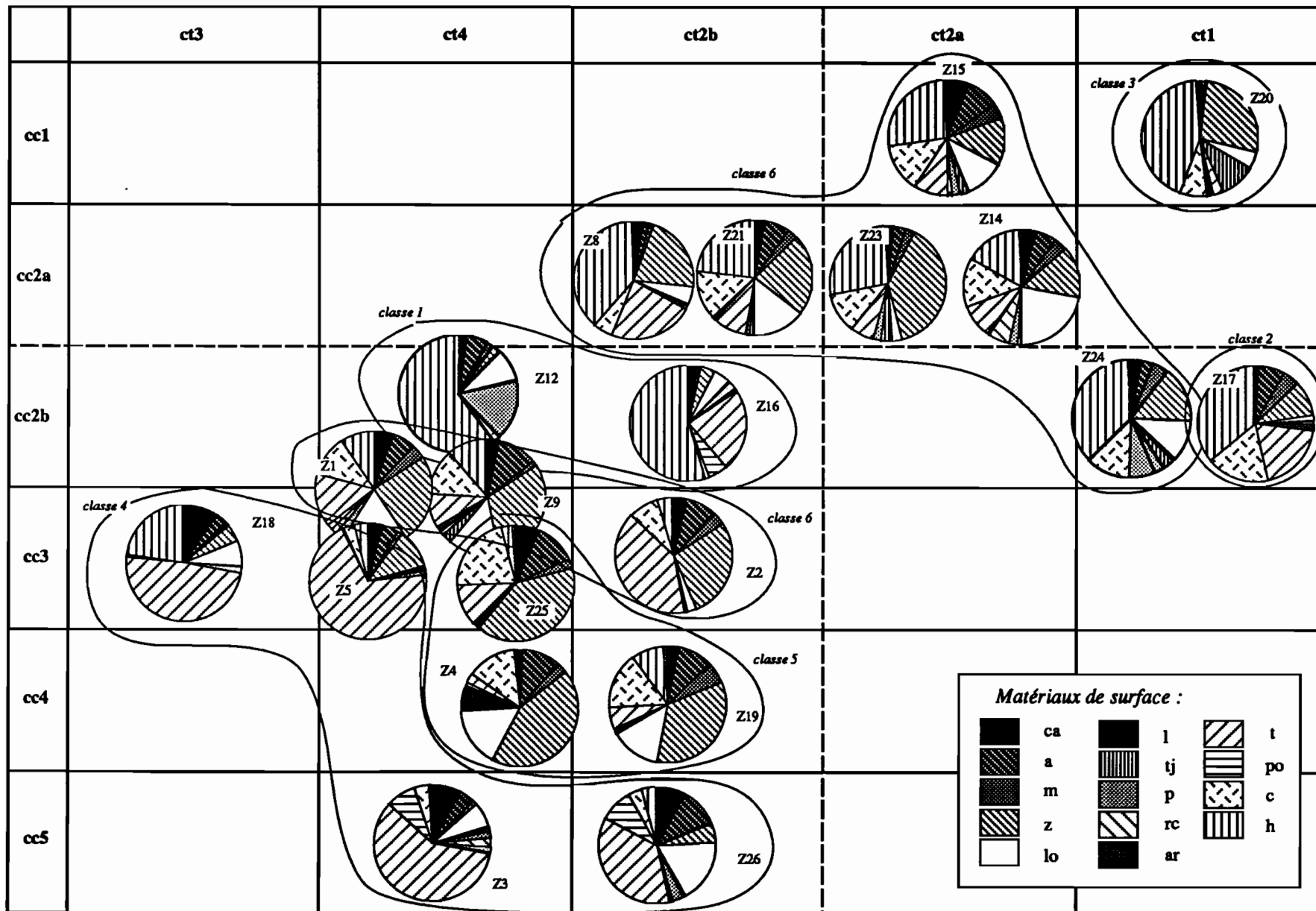


figure 148 : Correspondances des matériaux de surface et du croisement des classes issues de l'image.

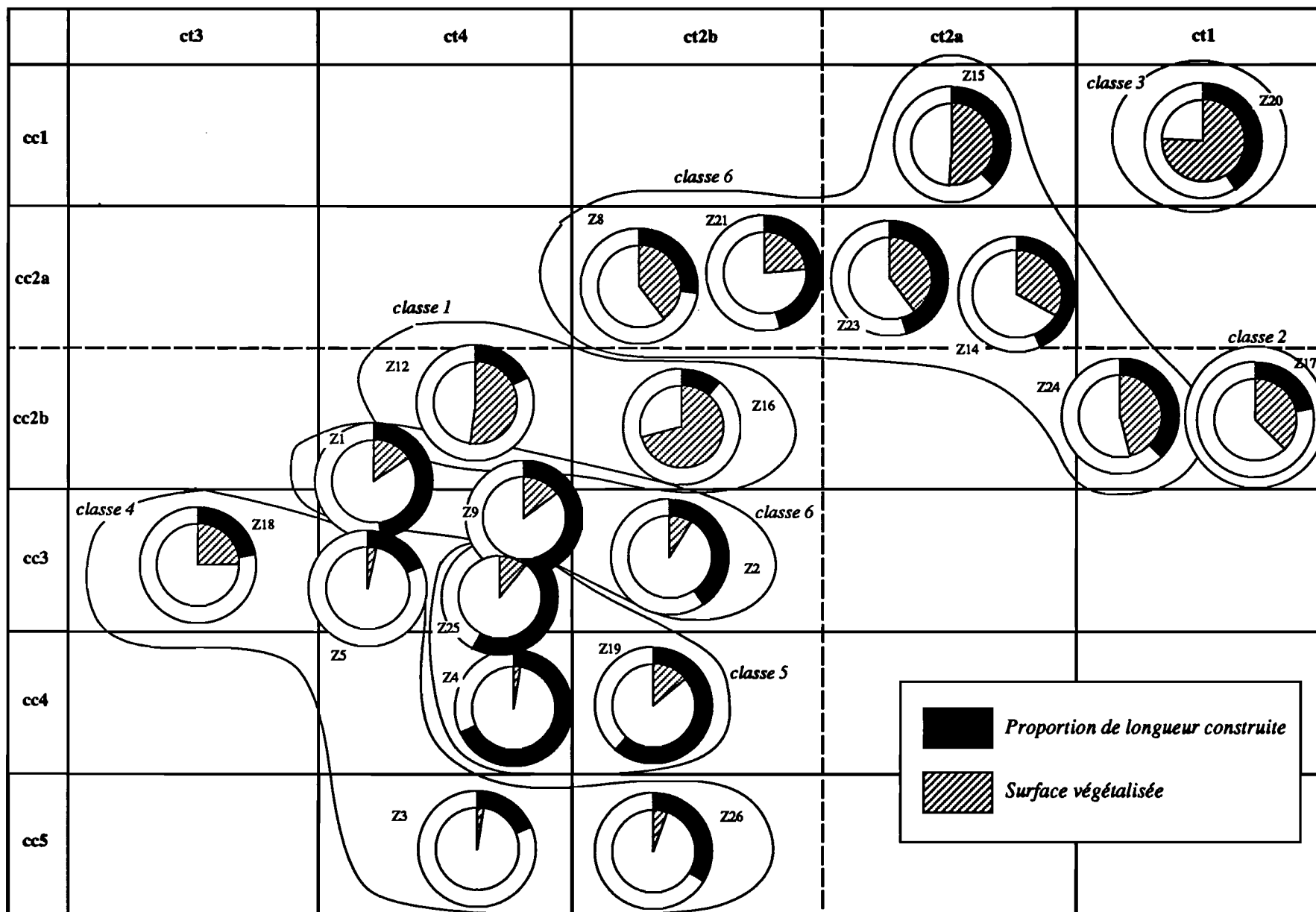


figure 149 : Correspondances du procel, de la surface végétalisée et du croisement des classes issues de l'image.

tableau 34 : Valeurs de quelques indicateurs de terrain selon les classifications d'image.

	ct3	ct4	ct2b	ct2a	ct1
cc1					quartier moyennement bâti : 41% important couvert végétal sur sol sombre : 76% importante couverture arborée : 37%
cc2a			proportion de bâti de valeur moyenne : 39%, sur sol sombre, partiellement couvert de végétation : 40% dont couverture arborée assez faible : 14%		
cc2b		bâti dispersé (procel moyen = 14%) construit sur un sol sombre, couvert de végétation spontanée herbacée, sèche et dispersée en décembre : 61% faible utilisation du béton (10% de la distance mesurée)			
cc3	extension du bâti sur un quart de l'espace mesuré, avec couverture végétale très faible : 7%, sol assez sombre	secteurs assez fortement bâti : 48% avec couvert végétal faible : 13% sur sol clair espace			
cc4		fortement bâti : 62%, faible couvert végétal (<10%) et fort taux de bétonnage : 70%.			
cc5		extension du bâti sur un quart de l'espace mesuré, sol clair très visible en l'absence presque totale de végétation			

avec : cc = classe de couleur, ct = classe de texture



Au cours de ce chapitre, nous avons établi de manière étroite les relations qui existent entre l'information satellitaire et les résultats de l'enquête de terrain. L'enquête s'étant déroulée en 1990, nous avons analysé la composition colorée de 1989 ; nous avons retrouvé les grandes structures radiométriques et texturales mises en évidence à partir des données de 1986. Toutefois, l'étude des couleurs a montré des variantes significatives dans ces structures dues à un renforcement de l'information concernant la végétation sur l'image de 1989 par rapport à celle de 1986. Cette différence dans l'état de la végétation est étroitement liée aux changements saisonniers.

Selon la méthode développée plus haut pour la classification des 51 régions, nous avons ensuite réalisé une double classification des secteurs urbains sur les données de 1989. La superposition

des classes issues de l'enquête de terrain sur le croisement des classifications d'image, nous a donné une correspondance simple et directe entre les caractères urbains et les caractères de la composition colorée.

La superposition a permis de révéler ou de confirmer les formes d'expression des différents types de paysage sur l'image, comme par exemple : l'aspect hétéroclite et sombre des secteurs du sud, l'aspect uniforme et de couleurs intermédiaires des quartiers en création de Chalco, la situation intermédiaire des secteurs densément urbanisés, etc... La mise en relation directe des principales couleurs avec les matériaux donne de bons résultats dans les grandes lignes ; les dosages complexes de matériaux variés correspondent à des panachages de couleurs plus difficiles à interpréter.

Il existe cependant certaines discordances entre les deux types d'information, dont l'analyse s'est révélée intéressante. L'image a en effet permis de distinguer les quartiers en construction selon la nature et la couleur des sols sur lesquels ils se développent. Ce critère n'ayant pas été pris en compte dans la description de l'inter-bâti sur le terrain, l'enquête n'a pu présenter une telle distinction. Il semble également que les combinaisons des surfaces végétalisées avec le sol ait des rapports moins directs avec le dosage des couleurs : la différence des deux natures d'information ressort dans les cas de "mélange" et de dégradés entre deux extrêmes. La complexité est ici source de divergence.

Ces constatations permettent d'envisager d'éventuelles améliorations de la méthode de collecte des données de terrain, en particulier concernant le questionnaire : description de la couleur du sol, de l'état et de la densité de la végétation (verte ou sèche)... même en milieu urbain dense. Il conviendrait également d'approfondir l'exploitation de ces données à partir d'autre types d'objets que ceux utilisés ici, les objets-matériaux, par exemple, ou les objets-couleurs... Sur ce point, J. Da Silva Madeira a démontré l'existence de relations entre la couleur de certains sols et l'information extraite d'une image Thematic Mapper (Da Silva Madeira, 1991) ; l'étude des couleurs de la ville et de son environnement, en particulier en secteur de front urbain, apparaît comme une voie de recherche intéressante.

# Chapitre 14

## Etude diachronique par région

---

Lors de l'exposé des structures de la composition colorée de 1989 (§ 1.3, chapitre précédent), nous avons remarqué certaines différences avec les structures de l'image de 1986. Nous allons les étudier ici de manière plus approfondie, afin de mettre en évidence les changements survenus dans les images entre les deux dates, et d'en permettre une interprétation thématique. Parmi les transformations observées, nous essaierons de reconnaître l'information urbaine qui peut nous conduire à une analyse du développement urbain.

Dans ce chapitre, nous analyserons ses changements, selon deux modes :

- par comparaison directe des 51 régions d'image déjà connues et étudiées dans la seconde partie de ce travail (§ 1) ;
- par comparaison indirecte des régions avec des secteurs d'image considérés comme stables entre les deux dates (§ 2).

L'éventualité d'une urbanisation de secteurs naturels nous conduit à étudier les changements survenus sur l'ensemble des 51 régions, et non pas sur les 43 régions urbaines.

### **1. Modifications des structures de l'image de 1989, par rapport à celles de 1986**

Puisque nous avons mis en évidence des structures d'image par Analyse Factorielle des Correspondances, nous avons choisi d'utiliser cette méthode pour l'étude des changements.

L'analyse des résultats peut se faire par comparaison visuelle des plans factoriels obtenus séparément, ou en associant les caractères des deux dates, dans une même A.F.C..

## **1.1. Comparaison des structures indépendantes**

Nous analyserons les modifications de structures d'image selon nos deux critères habituels : couleur et texture.

### **1.1.1. Structures indépendantes des couleurs**

Le lecteur pourra se reporter aux Annexes 1 et 12 pour suivre les quelques remarques ci-après. La comparaison des structures formées par les trois premiers axes des deux Analyses permet en effet de constater les modifications suivantes :

- les structures fortes du plan 1-2 sont conservées entre les deux dates : les grandes oppositions mises en évidence dans le chapitre 7 se retrouvent ici (couleurs blanc-bleu-clair opposées à la fois aux rouges, aux verts foncés, et aux marrons et verts clairs) ;
- la remarque générale sur le "bleuissement" de la composition colorée de 89 par rapport à celle de 86, se traduit cependant dans les plans factoriels par un déplacement des couleurs bleutées (V114, V118, V119, V150, V154, V155, V159...) vers les coordonnées élevées de l'axe 1 ;
- la majorité des changements concerne des modifications dans les associations de couleurs qui se traduisent globalement par l'éclaircissement des surfaces d'un grand nombre de régions d'image, éclaircissement mis en évidence par leur déplacement :
  - vers le quart haut-droite du plan 1-2 (R3, R5, R8, R19, R34, R35, R51...), "bleuissement" correspondant aux surfaces minérales, urbanisées en particulier
  - vers le haut-centre (R12, R14, R28, R33...), réassortis avec des nuances de verts plus foncés ;
- certaines régions se démarquent par des changements dans les rouges :
  - gain en rouge vif de R42, avec déplacement vers le bas-gauche du plan,
  - perte de ces tons, avec "fuite" en direction de rouges plus sombres (R32) vers le milieu-gauche du plan ,
  - gain en rouges sombres en 89 à partir de secteurs du plan plus verts en 86 (R36, R39) ;
- quelques régions conservent leur position dans le plan 1-2, et font figure de pôles fixes : R1, R41, R45... ;



• les changements liés aux rouges sont développés surtout sur le facteur 3, étant donné la relation de l'axe avec ce type d'information ; on observe en effet une inversion du signe des coordonnées factorielles de certaines régions (R1, R3, R4, R32, R45, R46...).

Ces changements sont résumés par la figure 150 ci-après<sup>1</sup>.

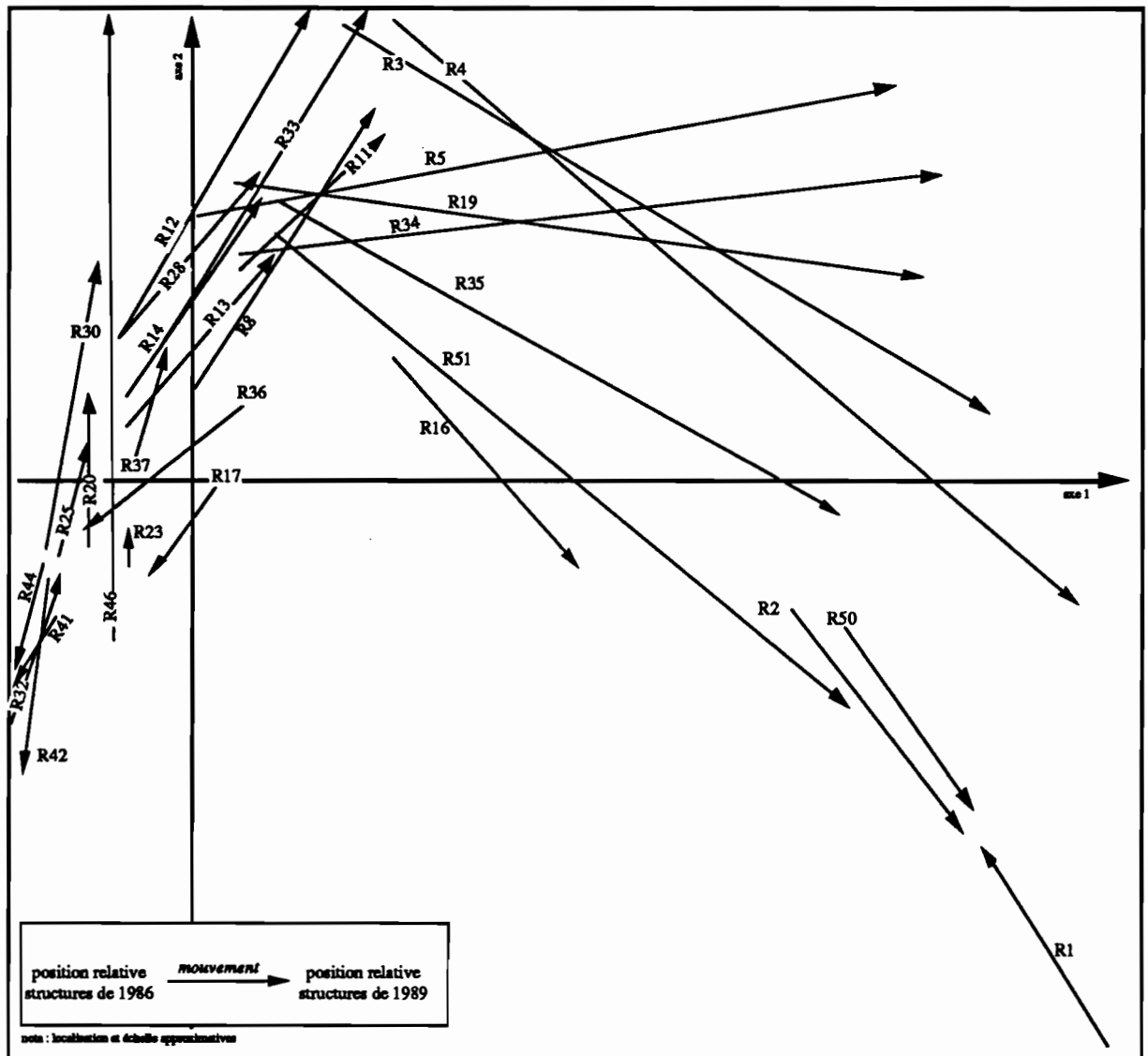


figure 150 : Principaux mouvements apparents des régions dans le plan factoriel 1-2 entre 1986 et 1989 (couleurs).

La figure montre que les mouvements épousent globalement la forme du nuage, suivant une sorte d'itinéraire caractérisé par une remontée des régions proches de l'origine en 86 le long de

<sup>1</sup> Les échelles étant différentes entre les deux plans, les mouvements représentés n'ont pas été établis de manière formelle, d'après les coordonnées, mais tracés approximativement selon les positions relatives des régions aux deux dates.

l'axe 2, une descente sur cet axe des régions à coordonnées initialement élevées en même temps que leur déplacement vers la droite, le long de l'axe 1. Dans le quart bas-gauche du plan, certaines régions descendent sur l'axe 2.

L'augmentation des rouges en des secteurs précis (R41, R42, R44) augmente la différenciation des surfaces à couvert végétal, du reste des secteurs peu favorables au développement de la végétation, y compris en saison humide. Cette différenciation accrue se traduit, dans les A.F.C., par un double mouvement répulsif : fuite des rouges par rapport aux verts (mouvements vers le bas), et fuite des verts par rapport aux rouges (mouvements vers le haut).

A l'opposé, on assiste à une convergence des trois régions R1, R2 et R50, qui tendrait à montrer une uniformisation de ces secteurs à construction récente sur sol salin, par la disparition notable de celui-ci sous un bâti en voie de généralisation.

Les déplacements les plus remarquables sont ceux des régions R3, R4, R5, R19, R34, R35 et R51 ; on distingue essentiellement deux mouvements :

- un mouvement horizontal gauche-droite (R5, R19, R34) qui correspond à une apparence plus claire sur l'image des secteurs densément urbanisés ;
- un mouvement associant le mouvement gauche-droite à un déplacement haut-bas (R3, R4, R35, R51, secteurs urbanisés sur sol clair), qui intègre l'influence des sols salins.

Les régions concernées par ce dernier mouvement sont "expulsées" de leur position de 86, par le déplacement des régions plus sombres (R12, R13, R14, R28, R33...) dont on a vu les causes ci-dessus...

On en conclut que les rapports de force entre les couleurs se sont modifiés entre les deux dates, entraînant une redistribution factorielle des régions, mais en conservant la forme globale du nuage de points (dans le plan 1-2). La modification des couleurs a plusieurs causes :

- une différence de l'étalonnage des mesures, entre les deux dates ;
- le réétalement de la distribution des valeurs de gris dans les trois canaux de 1989 ;
- des changements thématiques vrais : urbanisation, développement de la végétation...

### 1.1.2. Structures indépendantes de la texture

Le nuage de points résultant de l'Analyse de l'entropie des couleurs de 1989, présente une forme très semblable à celui de 1986 (voir § 2, chapitre 7, ou Annexe 3). On observe toutefois le changement des signes des coordonnées factorielles sur l'axe 1 ; on obtient donc une forme parabolique ouverte vers le bas.

Peu de changements de position sont à remarquer entre les deux nuages, si ce n'est une certaine homogénéisation des régions R1 et R2, par rapport à 1986, qui se déplacent donc vers la droite du plan factoriel.

### 1.2. Superposition de l'information de 89 sur les structures de 86

Dans cette étape de notre travail, nous avons procédé à un réétalement de la dynamique des canaux bruts de 1986, et à une égalisation des moyennes<sup>1</sup>, à l'instar du traitement réalisé pour l'image de 1989 (voir chapitre 13, § 1.2). Cette opération permet de rendre les couleurs et les contrastes des deux dates les plus comparables possible.

On remarque peu de changements dans les structures, entre image brute et image réétalée de la même date. La modification de la distribution, ayant été linéaire et uniformément appliquée sur l'ensemble de l'image, n'a pas affecté de manière significative les caractères des régions et leur emplacement les unes par rapport aux autres. La comparaison des plans factoriels présentés en Annexes 1 et 14 nous en convaincra<sup>2</sup>.

La méthode d'analyse des structures de l'image par l'intermédiaire de la composition colorée, rend donc des résultats robustes, car assez indépendants des conditions de calcul de ce néocanal.

---

<sup>1</sup> Les nouvelles bornes retenues sont les suivantes dans l'ordre (min.-max.) :  
XS1 (bleu) : 8-84 ; XS2 (vert) : 8-83 ; XS3 (rouge) : 13-84.

<sup>2</sup> Pour la comparaison de ces structures, ne prendre en compte, dans l'Annexe dia-anx-1, que les régions désignées par Rxx. Celles désignées RRxx sont en effet comptées en éléments supplémentaires (voir plus loin).

Il convient toutefois de rester circonspect quant à la signification des couleurs produites par la méthode, et à leur interprétation. En effet, malgré l'étape de réétalement et d'égalisation des moyennes entre les deux images, la composition des couleurs n'est pas strictement égale dans les deux cas. Ainsi, une même couleur n'implique pas des valeurs de gris strictement égales dans les canaux initiaux des deux images. Par exemple :

$$\left. \begin{array}{l} \text{couleur V105 de la} \\ \text{composition colorée de 1986} \\ \text{couleur V105 de la} \\ \text{composition colorée de 1989} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{valeur de gris XS1}_{(\text{image } 86)} = \text{valeur de gris XS1}_{(\text{image } 89)} \\ \text{valeur de gris XS2}_{(\text{image } 86)} = \text{valeur de gris XS2}_{(\text{image } 89)} \\ \text{valeur de gris XS3}_{(\text{image } 86)} = \text{valeur de gris XS3}_{(\text{image } 89)} \end{array} \right.$$

On peut cependant estimer qu'il existe une *assez grande* ressemblance des valeurs de gris initiales entre les deux dates, et que les différences n'interviennent que dans les nuances de couleurs. Ainsi, un rouge quelconque provient, dans les deux cas, de valeurs de gris notablement plus élevées dans les canaux 3, que dans les deux autres canaux, et l'interprétation thématique de cette couleur demeure invariable.

En Annexe 2, on trouvera les valeurs de gris moyennes dans les trois canaux correspondant à chacune des couleurs des différentes compositions colorées évoquées. La comparaison de ces moyennes de la composition colorée réétalée de 86 avec celles de l'image de 89 permet de vérifier que les écarts restent légers pour une même couleur. Par exemple, les moyennes pour la couleur V105 calculée à partir des dynamiques réajustées, sont les suivantes :

*tableau 35 : Moyennes des niveaux de gris correspondant à la couleur 105 pour les trois compositions colorées.*

	1ère comp. colorée de 86	comp. color. 86 réétalée	comp. colorée de 89
XS1	61,19	31,53	30,50
XS2	57,85	33,62	31,90
XS3	62,26	43,61	43,74

Nous avons réalisé une Analyse qui replace les régions telles qu'elles apparaissent en 1989, dans les structures mises en évidence sur l'image de 1986. Pour cela, nous avons introduit les effectifs de couleurs des 51 régions dans le tableau des effectifs de 1986, mais sous forme de données supplémentaires.

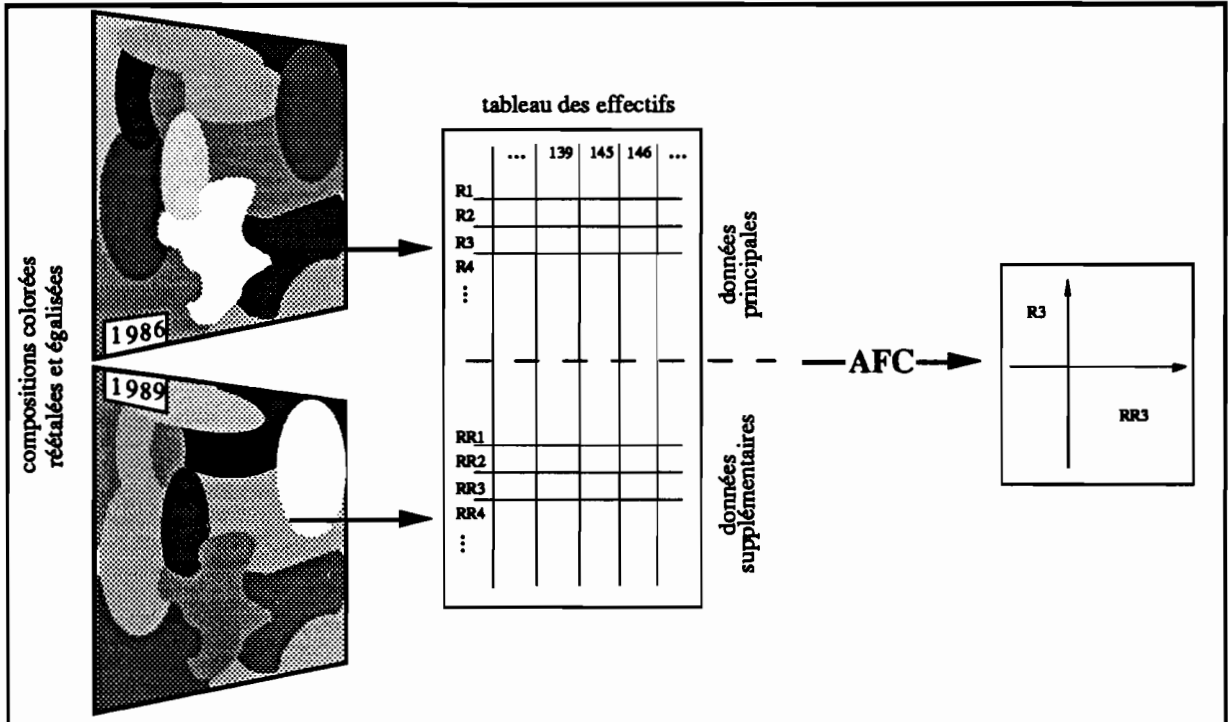


figure 151 : Principe de la superposition des données de 1989 aux structures de l'image de 1986.

Les régions de 1989 n'interviennent donc pas dans le calcul de l'A.F.C., mais sont localisées sur les axes factoriels de 1986, selon leurs caractéristiques propres. Le but est ici de mettre en évidence les changements de couleurs constituant les régions, de manière plus formelle que par la méthode présentée ci-dessus en § 1.1.

Les structures résultantes sont donc celles de 1986 présentés en Annexe 14 ; chacune des régions apparaît en deux points dans les plans factoriels qui sont :

- la position déterminée par ses caractéristiques sur l'image de 86 ; cette position est désignée sous la forme Rxx ;
- la position déterminée par ses caractéristiques sur l'image de 89, désignée RRxx.

Les modifications subies par une région donnée, entre les deux dates, sont donc représentées par le déplacement Rxx-RRxx dans l'ensemble des plans factoriels (exemple R32-RR32).

Dans les figures 152 et 153 ci-après, on a matérialisé les déplacements des régions entre les deux dates en joignant les points Rxx et RRxx par une flèche, dans les plans factoriels 1-2 et 2-3 de cette Analyse.

On constate que les déplacements sont plus réduits dans le premier plan, que les mouvements mis en évidence dans le paragraphe 1.1 par comparaison empirique des Analyses séparées. Ces mouvements suivent globalement les structures du nuage de référence, mais de façon moins ordonnée que ceux produits par la figure 150 : chaque région semble avoir son comportement propre entre les deux dates.

Nous reviendrons plus en détails dans le paragraphe 2 sur les changements mis en évidence dans ces plans, mais notons dès maintenant une confirmation des tendances observées lors de l'examen des structures indépendantes :

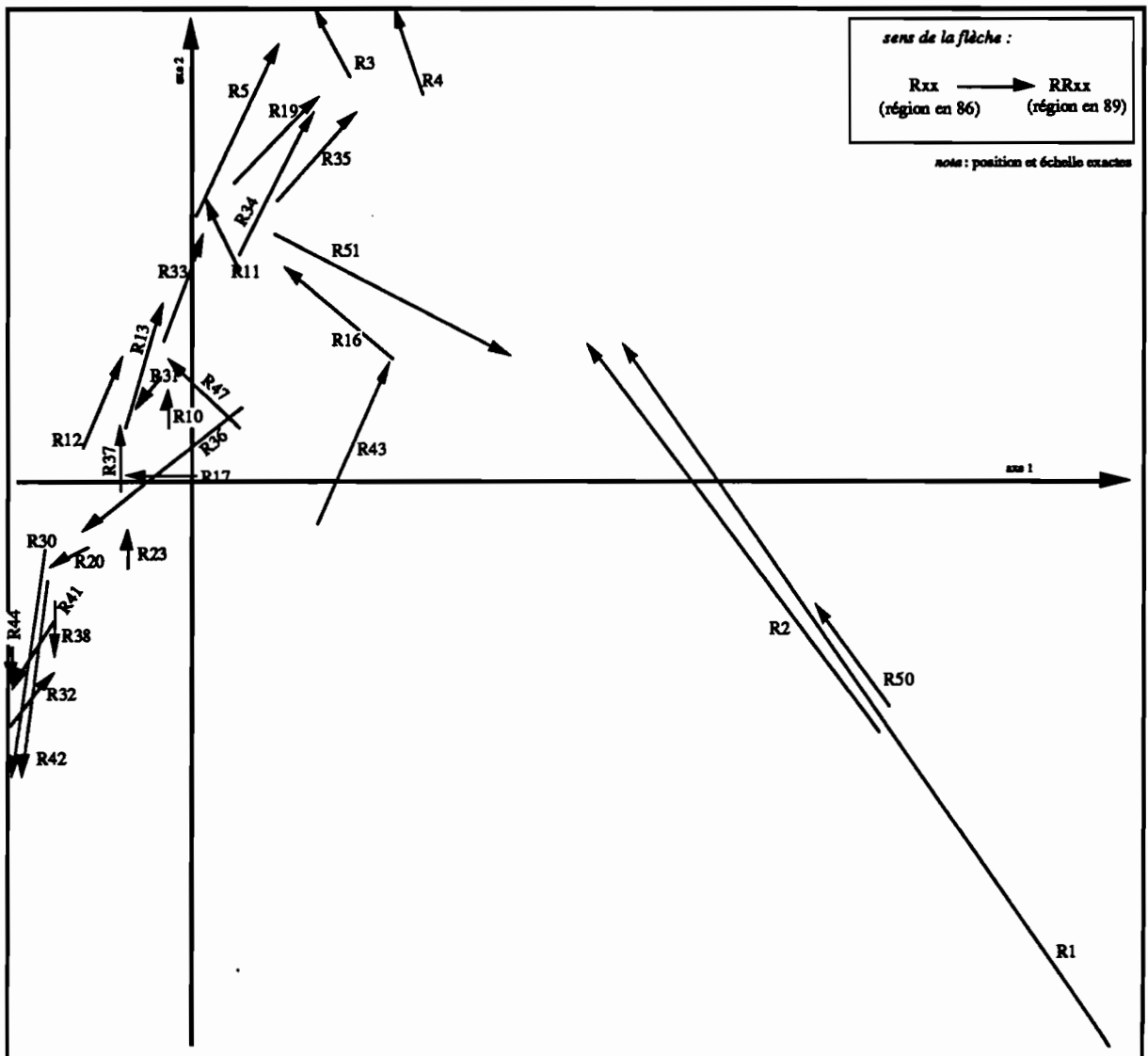


figure 152 : Principaux mouvements des régions dans les structures de l'image de 86, selon leurs caractéristiques de 89 (plan 1-2).

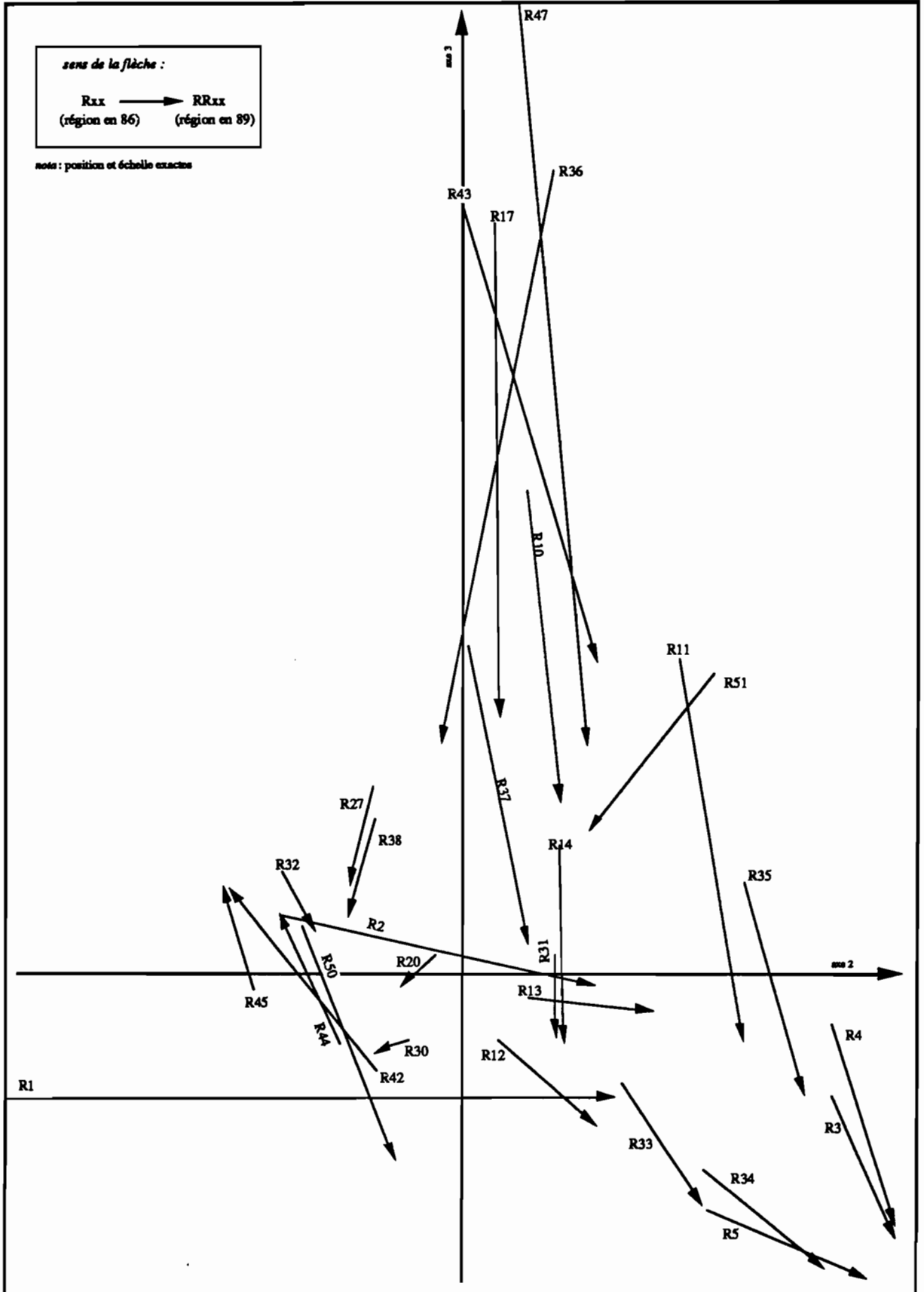


figure 153 : Principaux mouvements des régions dans les structures de l'image de 86, selon leurs caractéristiques de 89 (plan 2-3).

- développement de la végétation dans les secteurs naturels, en particulier lacustres ;
- modifications des surfaces liées à l'urbanisation (perte de clarté pour les régions de Chimalhuacán et de Nezahualcóyotl ; gain pour l'espace de Meyehualco (*Renovación*) non urbanisé en 86).

Dans l'analyse thématique ci-après (§ 2), nous constaterons que la méthode de réétalement et de superposition introduit des distorsions, du fait de la différence de signification des couleurs, mais que ces distorsions sont peu gênantes dans notre problématique. Nous avons toutefois essayé une méthode qui n'implique pas une équivalence stricte des couleurs entre les deux dates, mais permette :

- la conservation des structures propres de chacune des images et la position réelle des éléments à l'intérieur de celle-ci ;
- la comparaison de ces structures spécifiques, sans chercher à ramener l'une à l'autre...

Nous avons donc extrait des structures invariantes communes aux deux dates, et observé les mouvements des secteurs à l'intérieur de ces structures.

### 1.3. Modifications par rapport à des structures invariantes

Nous supposerons dans ce paragraphe qu'il existe certains secteurs de l'agglomération qui n'ont pas subi de changements entre 1986 et 1989. Il est évident qu'une immobilité totale d'un secteur quelconque<sup>1</sup>, et que toute structure varie dans le temps. Nous en aurons d'ailleurs une appréciation en comparant les secteurs supposés invariants. Nous considérerons ici que ces modifications mineures sont inhérentes à la vie urbaine, et nous ne les prendrons pas en compte dans notre analyse diachronique. Seuls, les mouvements à l'intérieur de ces structures de référence seront interprétés comme manifestations du développement urbain.

A l'aide d'une connaissance thématique préalable, nous avons donc choisi certains secteurs considérés comme invariants. A part le secteur de végétation constante de R32 (voir § 2), les

---

<sup>1</sup> Nous montrerons plus loin qu'il existe justement une information diachronique en de nombreux endroits de l'agglomération, même dans le centre-ville.



*polygones de stabilité* ont été plutôt choisis dans des zones d'image correspondant à des quartiers densément urbanisés en 1986, et donc peu susceptibles de modifications entre 1986 et 1989.

On a également retenu certaines infrastructures dont la taille et la géométrie permettent une reconnaissance aisée et claire des contours (*Central de abasto, Country Club...*). Comme on peut le constater dans la figure 154 ci-après de localisation des dix-sept polygones retenus, ceux-ci sont essentiellement situés vers le centre de l'agglomération.

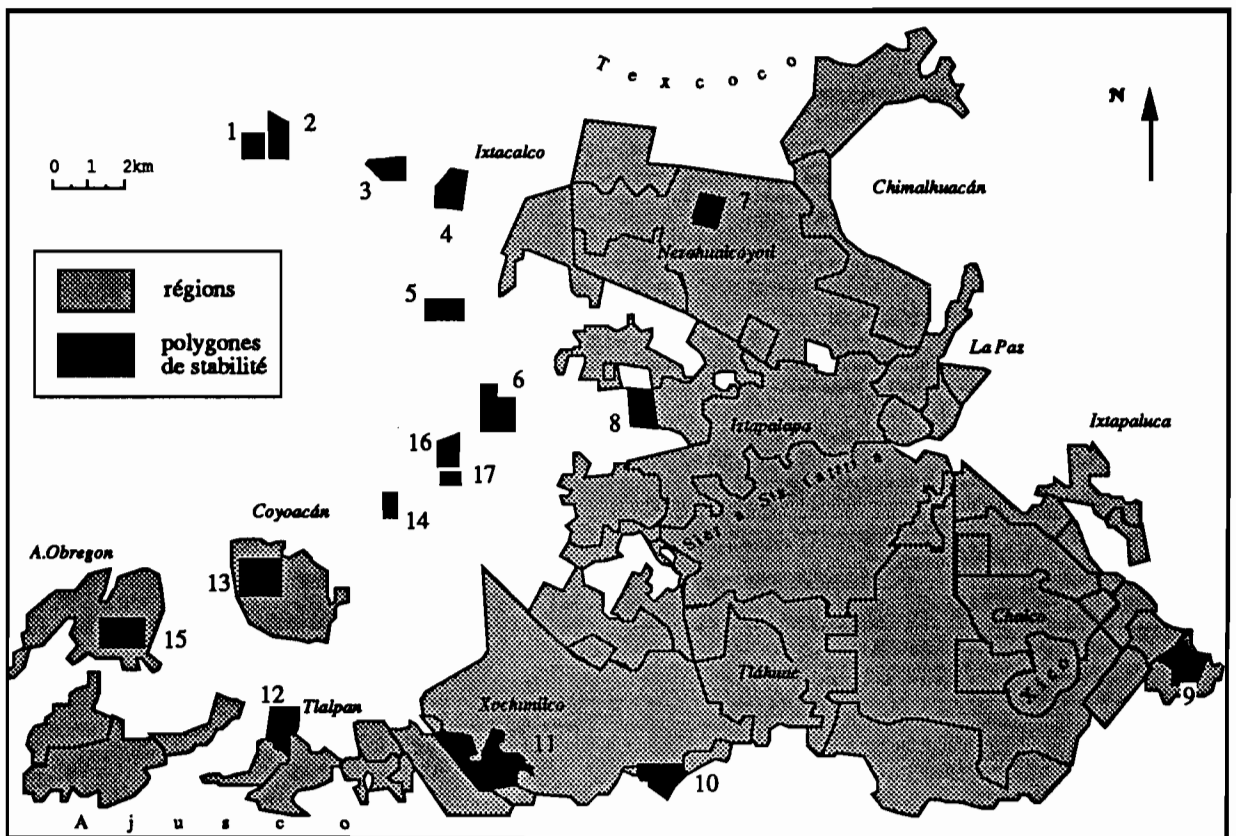


figure 154 : Localisation des polygones de stabilité.

A partir de ces polygones, pour une date, on a constitué un tableau des effectifs de pixels par couleur, dans lequel on a ensuite inclus le tableau des effectifs décrivant les 51 régions. Le tableau résultant a été soumis à une Analyse des Correspondances, avec les régions comme éléments supplémentaires. Les structures mises en évidence sont donc celles déterminées par les polygones de stabilité, uniquement. Les régions n'interviennent pas dans le calcul, et sont placées dans l'espace factoriel, en fonction de leurs caractéristiques individuelles par rapport à ces structures.

Ces opérations ont été menées séparément pour chacune des deux dates. Leurs structures respectives possèdent certains points communs, mais traduisent d'éventuels glissements radiométriques, puisqu'elles sont mises en évidence à partir d'éléments considérés comme invariants.

Le principe de la méthode est résumé dans le schéma ci-après :

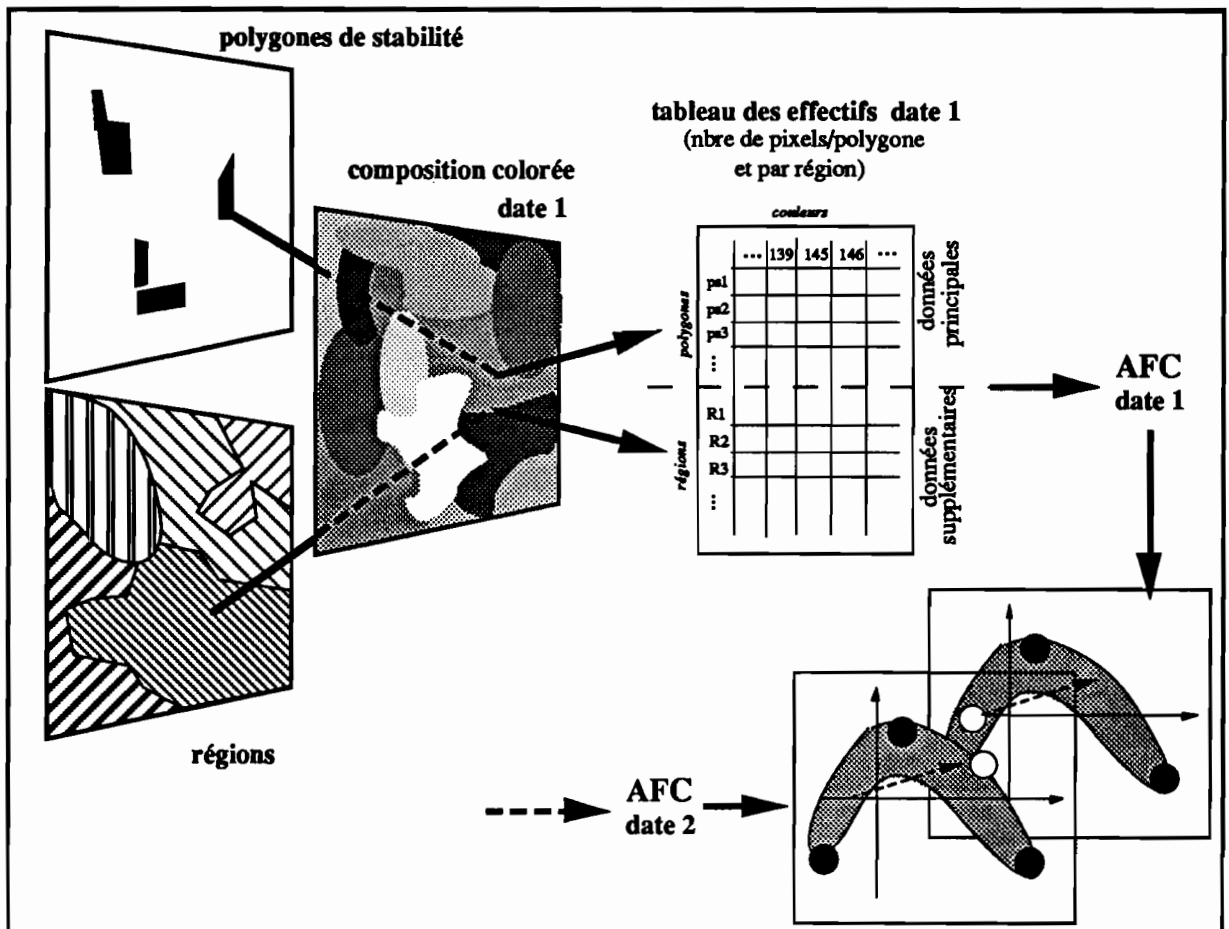


figure 155 : Etude diachronique par les structures invariantes, schéma de principe.

### 1.3.1. Mise en évidence des structures invariantes

Les principaux plans factoriels résultant des deux Analyses sont présentés en Annexes 15 et 16<sup>1</sup>. Leur analyse montre un certain nombre de points communs, que nous considérerons comme les éléments de la structure stable entre les deux dates.

<sup>1</sup> Dans ces documents, les noms des polygones invariants portent le préfixe *FX*. Les régions ont gardé leur préfixe *R*.

Remarquons d'emblée que, malgré un échantillon différent de celui analysé en 2ème partie, on retrouve l'essentiel des structures-forces mises en évidence à partir des 51 régions, au signe des coordonnées factorielles près (voir chapitres 7, 9 et 13) :

- singularité des surfaces à couleurs claires (FX8) opposées à l'ensemble des autres surfaces ;
- opposition secondaire des polygones rouges (FX12, FX14, FX15) aux associations bleu-vert (FX3, FX4...).

Bien qu'ayant une certaine ressemblance avec les caractères des axes issus des Analyses précédentes, on observe des nuances dans la définition des facteurs 3, 4 et 5 :

- axe 3 : discrimination des polygones caractérisés par des rouges sombres et dérivés (FX15, FX10, FX11...), par rapport à ceux constitués de rouges vifs (FX12 et FX14), ou sans aucun rouge (FX3, FX4...) ;
- axe 4 : discrimination des polygones à bleus-verts clairs (FX7, FX9, FX13...), de ceux à bleu-vert plus foncé (FX3, FX4, FX6...) ;
- axe 5 : discrimination par les nuances dans les rouges vifs (FX12, FX14).

On constatera des différences dans les structures décrites par les axes 4 et suivants, entre les Analyses des deux dates (par exemple, l'axe 4 de l'A.F.C.89 décrit plutôt la structure mise en évidence par l'axe 5 de l'A.F.C.86...). Cette situation est normale car les axes à petit pourcentage d'explication expriment les nuances, et c'est précisément dans les nuances que les compositions colorées des deux dates divergent. Par cette méthode, nous ne pourrions donc prendre en compte que les mouvements de régions dans les grandes structures, et non pas dans les nuances.

Ces structures invariantes mises en évidence par les 3 premiers facteurs correspondent à des structures thématiques urbaines aisées à interpréter :

- les sols salins secs et dénudés, représentés par le polygone FX8 (parc de Meyehualco), se différencient nettement de toute autre surface (couleurs inexistantes ou rares ailleurs) ;
- les surfaces moins claires se divisent à leur tour en deux catégories :
  - les surfaces de bâti dense (bleus et verts dans les compositions colorées) représentées par FX6 : le *Central de abasto*, vaste secteur de hangars et de dalles de béton,

- les surfaces à forte composante végétale des terrains de sport (FX12 : *Club de Golf*) ou des quartiers-jardins (FX15 : colonie *Jardines del Pedregal*) ;
- une graduation dans la clarté des bleus et verts correspondant aux quartiers densément bâtis, plus sombres vers FX6, plus clairs vers FX9 (village de Chalco), qui traduit les nuances de l'état du bâti dans lequel entrent en considération son matériau de toiture, l'âge du matériau, la nature du sol et sa stabilisation... Les anciens bâtiments apparaissant, en effet, les plus sombres ;
- une graduation dans l'existence de rouges, c'est-à-dire dans la présence plus ou moins importante de végétation dans les quartiers, depuis FX9 et FX11 (centre Xochimilco) où la quantité reste faible, jusqu'à FX15 où la végétation domine largement tout autre type de couverture ;
- une graduation dans la clarté des rouges qui décroît de FX12 à FX15, traduisant divers types et états de la végétation : du gazon parfaitement entretenu du Club de Golf (strate herbacée), aux jardins plus restreints et partiellement boisés (strate arborée).

On a résumé ces structures thématiques dans la figure ci-dessous :

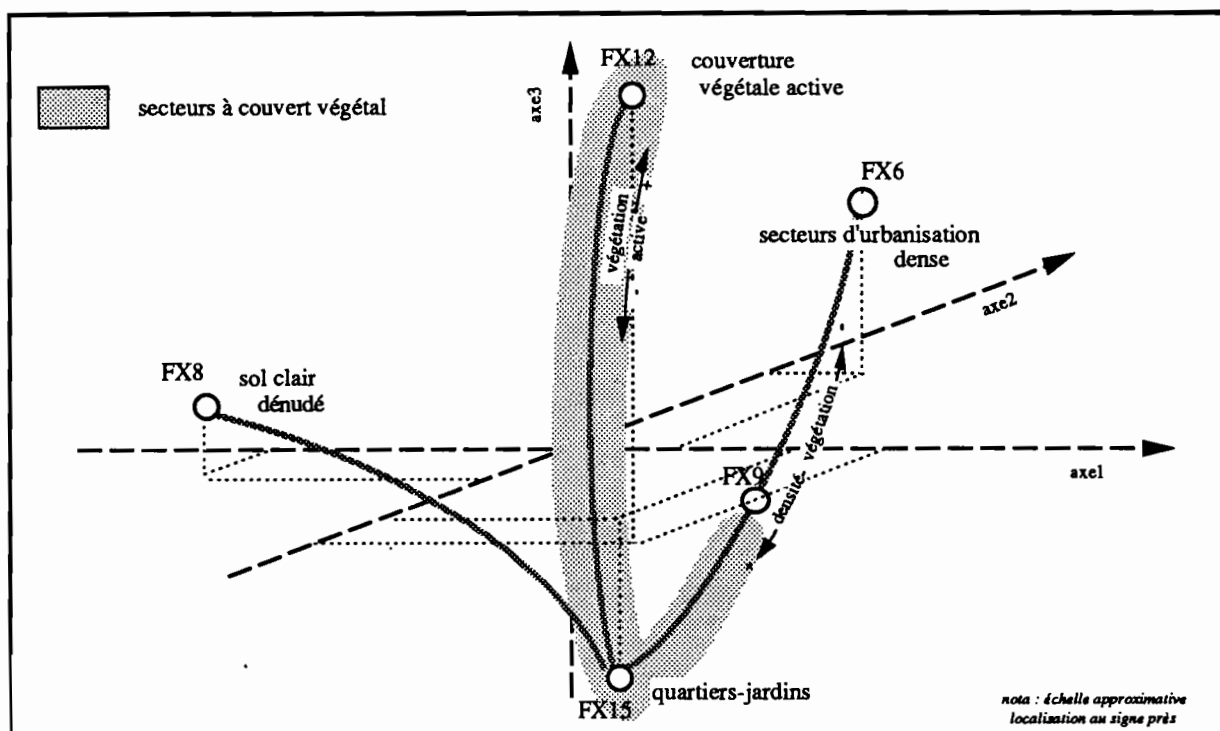


figure 156 : Structures invariantes entre 1986 et 1989 déterminées par les 3 premiers axes des A.F.C.

Ces structures sont identiques dans les Analyses appliquées aux deux dates, au signe des coordonnées sur l'axe 1 près, et avec quelques variantes locales dans l'emplacement de certains polygones (exemples : permutation de FX12 et FX14, variation de la distance FX17-FX9...). Néanmoins, les structures sont suffisamment stables entre les deux dates, pour proposer un référentiel permettant la mise en évidence des changements survenus dans les régions.

### **1.3.2. Mouvements dans les structures invariantes**

La comparaison des plans factoriels issus des Analyses séparées des deux compositions colorées montre que certaines régions occupent des places notablement différentes par rapport aux structures mises en évidence dans le paragraphe 1.3.1.

Les mouvements observés sont globalement plus discrets que ceux révélés par la méthode de superposition des structures. On retrouve les principaux changements détectables par la démarche, avec des nuances sur l'amplitude du mouvement par rapport aux deux autres méthodes présentées ci-dessus (figure 157 ci-après) :

- changements liés au développement local de la végétation (R41, R42, R44, R45...);
- changements liés à l'urbanisation (R1, R2, R11, R50, R51...).

A l'aide de ces informations, nous allons maintenant étudier plus en détail les changements observés.

## **2. Les changements mis en évidence par l'étude des structures**

Les trois méthodes de mise en évidence des changements ont concordé essentiellement sur trois points : l'urbanisation d'envergure à Chimalhuacán, les effets saisonniers sur le milieu naturel, et un phénomène d'urbanisation occulte à Iztapalapa. Nous allons les développer ici, et évoquer également certains artefacts qui génèrent des mouvements apparents.

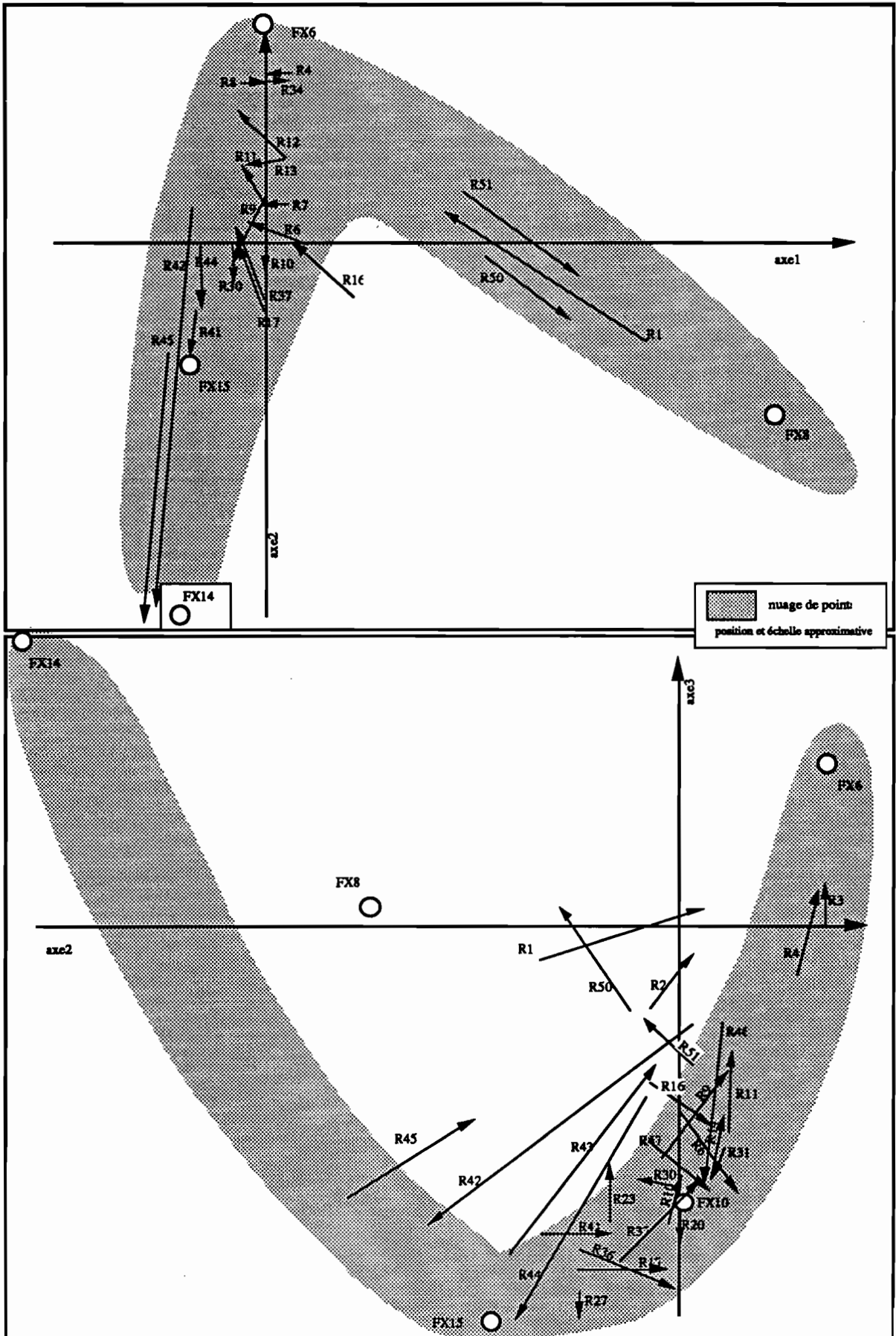


figure 157 : Principaux mouvements des régions dans les structures invariantes (plans 1-2 et 2-3).

## 2.1. L'urbanisation de Chimalhuacán

On observe un affaiblissement important des couleurs saturées ou très claires caractérisant les régions R1, R2 et R50 en 1986, et leur remplacement par des couleurs plus jaunes ou verdâtres sur l'image de 1989. Cette modification se traduit par un fort déplacement des trois secteurs dans le plan 1-2 le long du premier sous-nuage (chapitre 7, § 1.2), de sens bas-droite vers haut-gauche, et un mouvement global gauche-droite dans le plan 2-3. Ces déplacements, dans le premier sous-nuage, s'effectuent donc selon une ou deux séquences de couleurs particulières (§ 1.3.5, chapitre 7) montrant la lignée des dégradés de couleurs liée à un contexte géographique précis.

La figure 158 ci-après montre le déplacement des forts effectifs de pixels vers la gauche de l'histogramme signifiant une perte des couleurs claires (V255, V223, V219, V187...) au profit de tons moins vifs (V191, V159, V155, V154...).

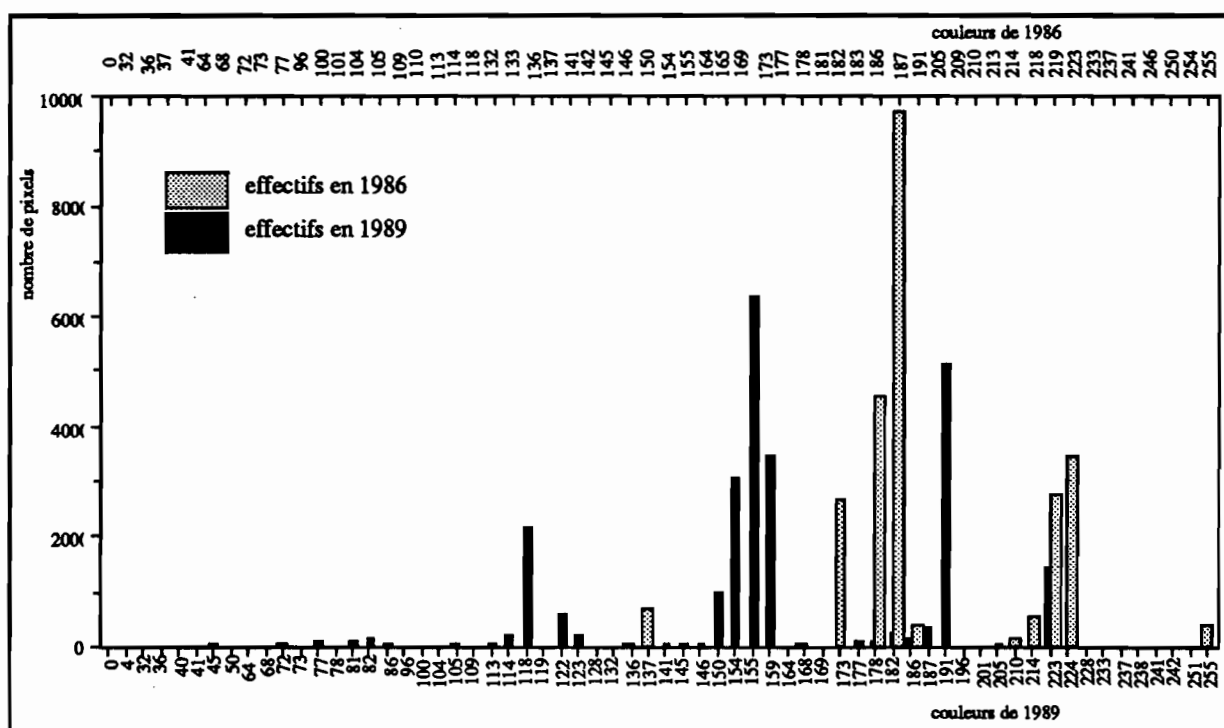


figure 158 : Changements des couleurs à forts effectifs dans la région R1, entre les images de 86 et 89.

Ce contexte géographique, dont les modifications sont mises en évidence par les images, se caractérise ici par deux facteurs :

- la salinité de la surface partiellement réduite par descente du sel dans les profondeurs du sol, à la suite des pluies ;
- la diminution de la surface d'interbâti visible, due à l'augmentation rapide des constructions et à l'urbanisation dans ce secteur de Chimalhuacán. Les formes d'occupation du sol développées en R1 et R2 tendent à se confondre en 1989, alors qu'elles étaient assez différenciées en 1986, du fait de la généralisation d'une urbanisation uniforme (rapprochement de R1 et R2 dans les plans).

On remarquera également que ces deux régions se déplacent en droite ligne vers les secteurs R3 et R4 (Nezahualcóyotl), qui sont des quartiers construits sur le même sol que R1 et R2, mais de densité urbaine plus forte. La méthode montre donc que R1 et R2 tendent à rejoindre R3 et R4 dans leur forme d'occupation du sol.

Le mouvement moins prononcé de R50 s'explique de la même manière mais, comme nous le verrons dans le chapitre suivant (§ 3.2.2), l'urbanisation perceptible ne concerne qu'une surface restreinte de ce secteur, et en laisse la plus grande partie inchangée.

## **2.2. Urbanisation occulte à *Renovación* (Meyehualco)**

Entre 1986 et 1989, la région R51 a évolué en sens inverse des secteurs cités ci-dessus, du moins selon les caractères contenus dans le plan 1-2. Cette région se déplace en effet selon le même premier sous-nuage, mais en direction bas-droite du plan. Sur les images, on constate en effet l'existence, en 89, de pixels aux couleurs saturées, absents sur la composition colorée de 86. Certains de ces pixels blancs sont, par ailleurs, disposés en linéaments, configuration qui laisse entrevoir une structuration de l'espace par la mise en place d'un réseau de voirie (voir chapitre 6, § 3.2 et 4.2). La figure 159 ci-après montre le changement des couleurs de la composition colorée de 1986 en couleurs plus claires en 1989 :



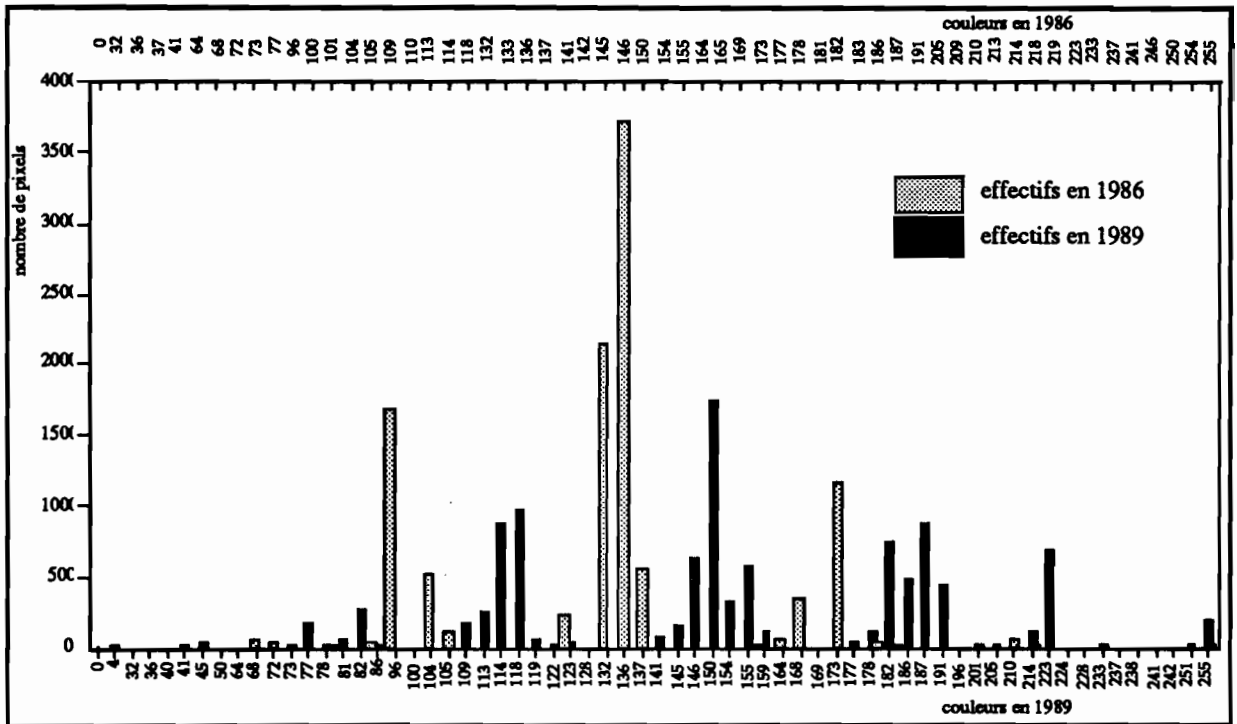


figure 159 : Changements des couleurs à forts effectifs dans la région R51, entre les images de 86 et 89.

La région R51 correspond à un secteur de sol salin sec inclus dans l'agglomération, mais non encore urbanisé en 1986. Les changements observés correspondent à une modification et une dégradation du sol liées à l'intensification des déplacements et des activités dans ce vaste terrain vague. La disposition en linéaments de l'information correspondante traduit justement la formation de pistes.

Au cours de l'analyse de la composition colorée de 1986 (2ème partie), nous avons été amené à associer ce type d'information à une urbanisation en cours, décelable par les effets qu'elle engendre sur l'environnement, plutôt que par ses caractères propres (urbanisation occulte). Nous pouvons donc en conclure que le secteur situé à l'ouest de la colonie *Renovación*, était en cours d'urbanisation à la fin de 1989. Etant donné la nature du sol, les effets du développement urbain sont identiques à ceux observés à Chimalhuacán, ce qui explique le déplacement de R51 en direction de R1 et R2.

La dégradation du sol détectable sur l'image reste de faible extension à cette date, ce qui indique que l'activité urbaine est encore limitée.

### 2.3. Expansion saisonnière de la végétation

La persistance par endroits d'une forte activité chlorophyllienne explique d'importants changements de couleurs dans les secteurs correspondants de l'image. L'existence de rouges vifs remplaçant les rouges sombres, marrons ou noirs de l'image de 86, détermine le déplacement des régions R41, R42 et R44, dans le plan 1-2. Le mouvement de ces secteurs vers l'extrémité du second sous-nuage, les rapproche de R45 resté stable entre les deux dates. Cette stabilité n'est, en fait, qu'apparente car on observe également des changements de couleurs entre les deux dates ; les changements se révèlent plus visibles sur les axes 4 et 5 qui traduisent les modifications d'histogrammes ci-après, caractérisées par un glissement des forts effectifs vers la droite de la distribution :

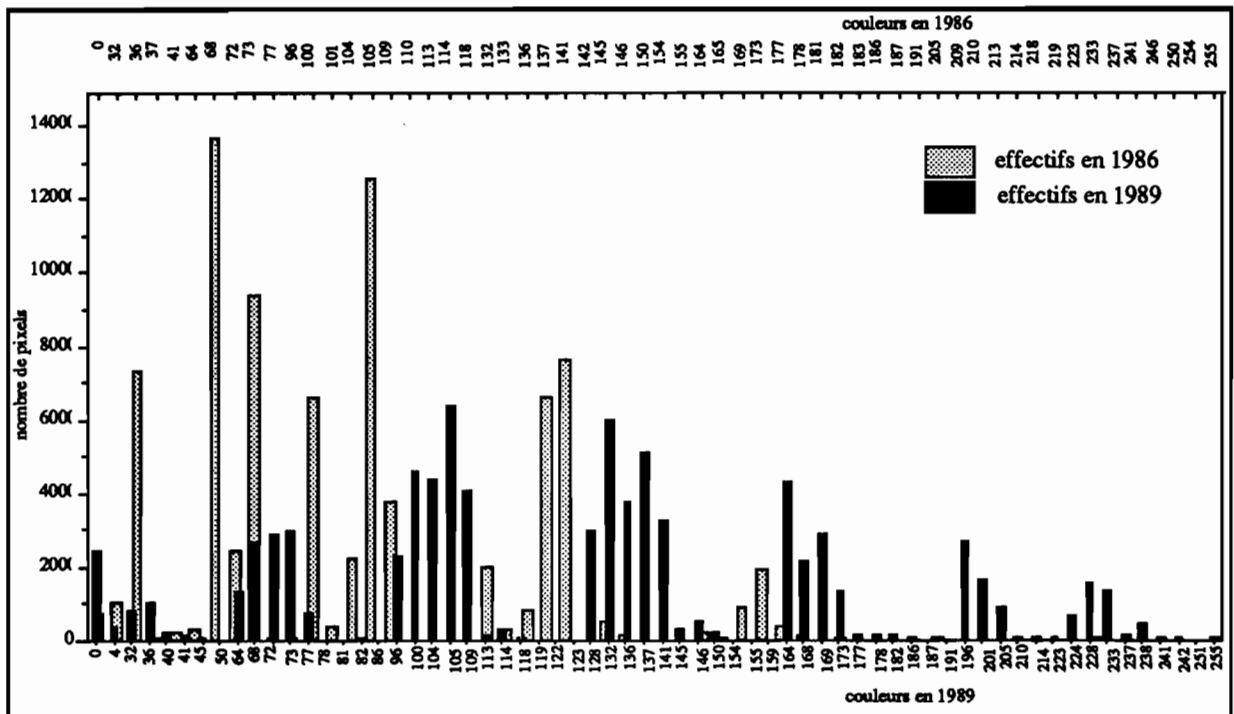


figure 160 : Changements des couleurs à forts effectifs dans la région R45, entre les images de 86 et 89.

L'explication en est le renforcement, en 89, de la spécificité de cette région. La convergence des trois secteurs signalés ci-dessus dans le plan 1-2, est due à leur ressemblance plus grande pour ce pôle.

Nous avons déjà suggéré la cause de ces changements : le développement de la végétation, et l'activité chlorophyllienne due à l'eau encore présente en décembre. La strate herbacée, en particulier, bénéficie de ces conditions favorables et manifeste les plus forts changements. Les modifications mises en évidence ici sont donc essentiellement liées aux conditions saisonnières réversibles, plutôt qu'à des transformations dans l'occupation du sol.

On notera que les régions concernées par ce mouvement correspondent évidemment à des secteurs du domaine naturel, lacustre en particulier, localisées dans le sud de l'agglomération. Nous avons en effet plusieurs fois évoqué la qualité des sols dans cette partie du bassin, propices au développement d'une végétation abondante et variée en présence d'eau. Les changements mis en évidence confirment une telle dynamique.

La région R30 affiche également de telles modifications de paysage, mais elle correspond au versant de l'Ajusco que l'urbanisation n'a pas encore trop altéré.

On observe également, mais de manière plus ténue, le développement d'une végétation par rapport à la date de la première image, dans les régions R36 et R38 (Chalco), marqué par un déplacement dans le plan 1-2 analogue à celui des secteurs évoqués ci-dessus. Dans le plan 2-3, on note toutefois que le changement est "perpendiculaire" à celui des régions R42, R44 et R45, ce qui tendrait à souligner des changements dans le dosage des couvertures sol/végétation, alors que l'information diachronique du sud indiquerait plutôt le renouvellement d'une végétation persistante pour l'essentiel même en saison sèche.

La végétation perçue à Chalco correspond exclusivement aux lambeaux de prairie accrochée en tout endroit où elle connaît quelque répit (terrains vagues, bas-côtés des passages, angles des parcelles habitées...).

D'autres secteurs (Chalco, essentiellement : R36 et R38, mais aussi R10, R11, R14, R17, R37, R43, R47...) montrent des changements saisonniers analogues, mais de manière moins nette car la végétation y est plus rare. Les modifications de couleurs, de même séquence qu'en 1986 mais plus sombres, peuvent également résulter du cumul des changements de la

végétation avec des modifications réelles de l'occupation du sol (urbanisation). Il est alors difficile de connaître la part respective de ces deux causes de changements.

Dans certains cas, s'ajoutent les effets d'artefacts.

## 2.4. Mouvements apparents

Des mouvements apparents apparaissent surtout dans l'Analyse des informations superposées exposée au paragraphe 1.2 ci-dessus.

Sur les deux plans factoriels issus de cette Analyse (figures 152 et 153, § 1.2), on remarque un déplacement massif de secteurs vers le haut du plan 1-2, et vers le bas-droite du plan 2-3, celui des régions R5, R10, R12, R13, R19, R33, R34, R35... selon un angle proche de celui adopté par le second sous-nuage. Ces changements correspondent globalement à un "bleuissement" et à un renforcement de la clarté des couleurs composées de bleus et de verts, caractérisant ces secteurs d'image.

Ces déplacements ne peuvent pas être mis systématiquement en relation avec des changements thématiques réels : les régions R5, R19, R33, R34, par exemple, sont des secteurs urbanisés en 1986, pour lesquels on peut difficilement envisager une modification généralisée de leur surface en quatre ans. Les différences mises en évidence par l'Analyse, semblent plutôt provenir de la méthode de réajustement radiométrique mise en oeuvre pour compenser la différence de qualité des données initiales (voir ci-dessus début du § 1.2). Cette méthode crée des imprécisions dans le dosage des couleurs fondamentales, notamment entre les canaux 1 et 2, et génère ces écarts essentiellement caractérisés par un "glissement radiométrique".

On remarquera, par ailleurs, le cas de la région R32 qui se distingue par un déplacement dans les plans 1-2 et 2-3, de sens inverse à celui mis en évidence pour les secteurs à couverture végétale importante. Ce mouvement traduit un recul des rouges vifs et un gain en rouges plus sombres sur l'image de 89.

La figure 161 ci-après confirme, par deux histogrammes, l'augmentation des rouges vifs sur l'image de 1989 dans le secteur R45 (Xochimilco), tandis que R32 (*Jardines del Pedregal-San Jeronimo*) voit un assombrissement de ces mêmes tons.

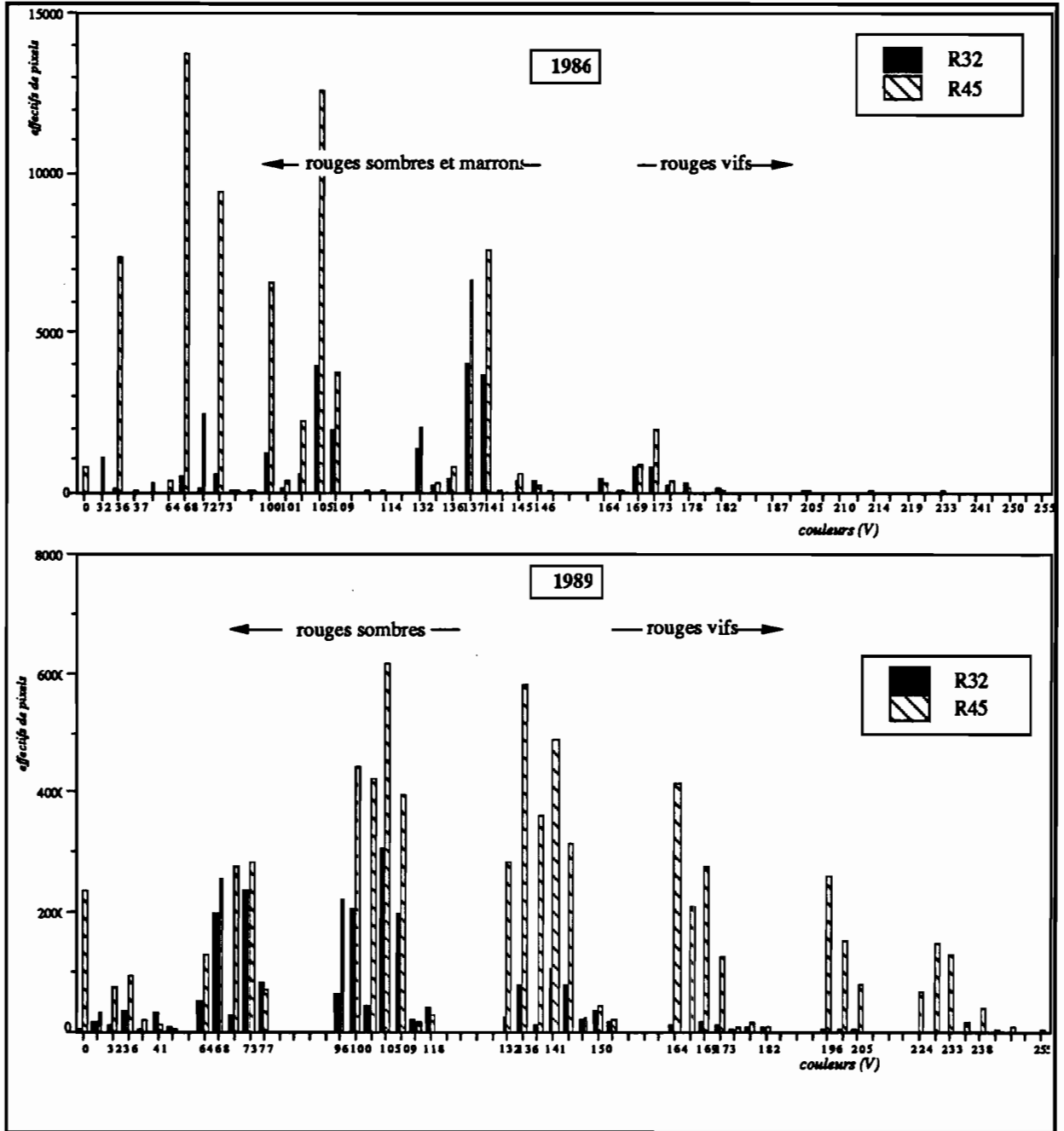


figure 161 : Deux cas de mouvements inverses des couleurs rouges liés aux étalonnages radiométriques différent selon les saisons.

On pourrait en conclure que R32 a connu un recul de la végétation, ou une diminution de l'activité chlorophyllienne de celle-ci, entre 1986 et 1989. Cette explication est peu vraisemblable étant donné l'entretien méticuleux des jardins de ce quartier tout au long de

l'année. R32 constitue au contraire un secteur particulièrement stable dans le temps, et les changements ne sont donc qu'apparents. L'explication de ce faux mouvement est simple :

- en mars, R32 représente le secteur le mieux arrosé, donc à couvert végétal dont l'activité chlorophyllienne est parmi la plus forte de l'agglomération. Les réponses radiométriques dans l'infrarouge sont alors étalonnées en fonction de ces maxima ;
- en décembre, la végétation la plus active se localise plutôt dans les secteurs lacustres, au sol détrempé et aux strates de végétation exclusivement herbacées (végétation verte). R32, partiellement bâti, et dont l'information dans l'infrarouge est "tamisée" par les strates arbustive et arborée, ne présente plus les valeurs radiométriques maximum ; l'étalonnage est donc effectué en fonction de réponses plus fortes.

Le mouvement enregistré ne correspond pas, par conséquent, à une réalité thématique, mais à un artefact lié à l'étalonnage radiométrique, mis en évidence par notre méthode d'analyse.



Dans ce chapitre, nous avons tenté une étude diachronique à l'échelle du secteur d'image, selon plusieurs méthodes visant à comparer les structures d'image et les mouvements éventuels de nos régions à l'intérieur de celles-ci, en fonction de la date. Ces opérations se sont avérées peu précises et assez difficiles d'interprétation ; la méthode dite de *superposition* (§ 1.2), basée sur une "équivalence acceptable" des couleurs, repose en fait sur une équivalence des "séquences de couleurs" (voir § 1.3.5, chapitre 7), aspect qui nécessiterait un développement particulier pour renforcer les relations existant entre les couleurs.

Si, de par l'approximation qu'elles entraînent, ces méthodes ne permettent pas d'étude dans le détail, elles ont toutefois rendu possible, en première approche, la description des changements

les plus patents. Nous avons ainsi identifié deux grands types de transformations dans le sud de l'agglomération :

- saisonniers, essentiellement liés au développement de la végétation dans certains secteurs naturels, surtout ceux du sud qui s'étendent sur les piémonts de l'Ajusco et du Chichinautzin, ainsi que le domaine lacustre de Xochimilco-Tláhuac et celui de Chalco. Dans une moindre mesure, les secteurs de la sierra Sta. Catarina, d'Ixtacalco et La Paz présentent des modifications dues à l'activité végétale ;
- urbains, qui se repèrent par des changements différents selon l'étape d'urbanisation et le contexte : un éclaircissement des couleurs lié à la dégradation du sol provoquée par une intensification des activités dans les marches de l'agglomération, un assombrissement lorsque la densité du bâti atteint un certain seuil et masque le sol (cas de Chimalhuacán et Chalco).

Cependant, les méthodes développées dans ce chapitre ont une portée limitée, essentiellement pour deux raisons :

- les analyses quantitatives montrent que les changements saisonniers représentent un volume d'information plus important que les changements d'origine humaine ; leur poids statistique "écrasent" par conséquent une grande partie de l'information diachronique, plus fine et plus discrète, qui nous intéresse ;
- les observations s'effectuent à l'échelle de la région, et les changements ne sont donc observables que s'ils concernent une part importante de son territoire, c'est-à-dire s'ils correspondent à des mouvements de masse (Chimalhuacán, Chalco...). Les changements plus localisés nous échappent encore.

Pour pallier ce dernier inconvénient, il a été envisagé un découpage systématique de l'image (par exemple : quadrats de 32 pixels de côté), une Analyse et une classification globales, afin de mettre en évidence les changements de caractères de chaque quadrat entre les deux dates. Nous aurions ainsi disposé d'une information diachronique à une échelle plus fine, proche de celle de la colonie (secteur d'environ 600 m de côté sur le terrain).

Le principe de ce type d'étude est illustré par la figure suivante :

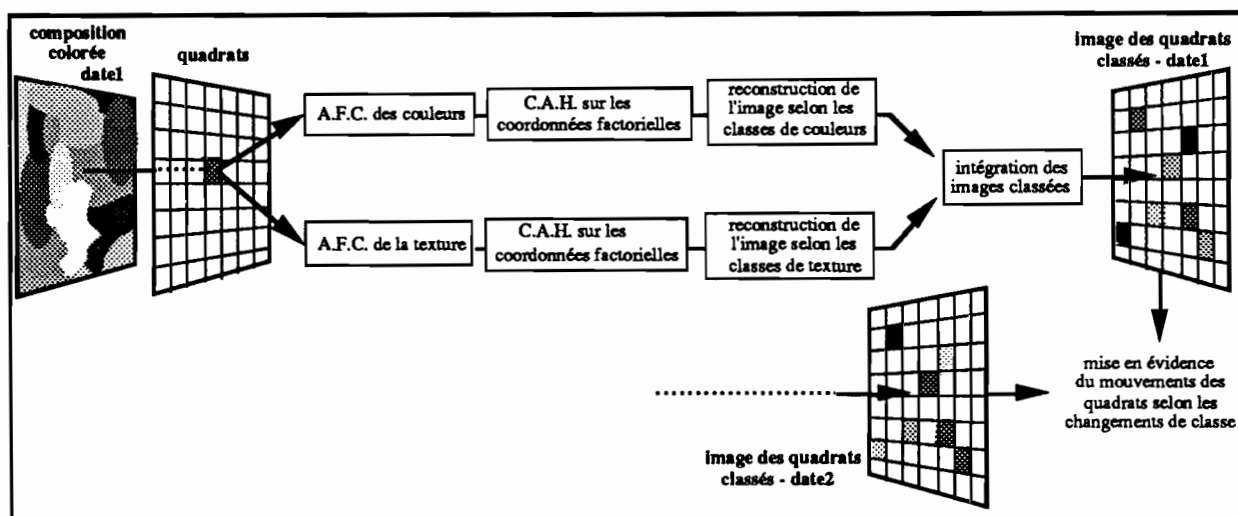


figure 162 : Principe d'une étude diachronique systématique par quadrats, selon les structures d'image.

Etant donné la surface à étudier, il aurait été nécessaire d'analyser deux populations de plus de 2.000 quadrats chacune ; de plus, l'interprétation du volume d'informations résultantes n'aurait été possible qu'après reconstruction de l'image selon les classes obtenues. L'absence d'automatismes permettant de réduire l'intervention humaine a empêché l'utilisation d'une telle méthode.

Nous avons donc créé nos images diachroniques par une démarche qui offre les avantages à la fois de la simplicité de mise en oeuvre, et de la conservation de l'échelle élémentaire particulièrement intéressante, on le sait, pour une étude urbaine.



## Chapitre 15

# Le développement urbain du sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1990

---

Au cours des chapitres précédents, nous avons présenté et analysé les images multibandes de 1986 et 1989, et nous avons associé certains de leurs caractères à l'information recueillie sur le terrain, afin de leur donner une interprétation de géographie urbaine. Les analyses visuelle et statistique des compositions colorées nous ont montré, par ailleurs, que deux caractères essentiels guidaient notre reconnaissance du milieu urbain sur l'image : la couleur et la texture.

L'étude diachronique par région nous a permis d'identifier les secteurs où se sont manifestés des changements dans la seconde moitié des années 80. Nous allons maintenant chercher à analyser les transformations intervenues dans notre zone d'étude à une échelle beaucoup plus fine. Pour cela, nous allons créer des néocanaux contenant une information diachronique directement interprétable, à l'échelle du pixel, à partir des données initiales de 1986 et 1989.

Nous préciserons en premier lieu la méthode de création de ces données diachroniques et leurs caractéristiques, puis nous analyserons, secteur par secteur, le développement urbain. Cette étude nous permettra, en troisième lieu, d'identifier plusieurs types de changements et de les étudier à l'échelle de la périphérie.

## **1. Construction des images diachroniques**

La création de néocanaux représentant les changements de caractères radiométriques et texturaux nous permettra une localisation exacte, la comparaison et l'identification des phénomènes observés, ainsi que leur restitution dans l'espace. Le mode d'interprétation, en outre, reste proche de celui adopté pour l'analyse des compositions colorées initiales.

Nous avons donc créé deux types de données diachroniques : celles basées sur les différences radiométriques enregistrées entre les deux dates, et celles construites à partir des variations locales de texture.

### **1.1. Construction de l'image des différences radiométriques**

Dans le chapitre 13, nous avons vu que le recalage géométrique des deux images avait produit des résultats corrects, tandis que, au cours du chapitre précédent, nous avons montré comment les différences de distribution des niveaux de gris ont été compensées (voir § 1.2). Ces ajustements géométriques et radiométriques réalisés, il a été possible de mettre en évidence les différences radiométriques pixel à pixel, par simple soustraction arithmétique.

L'image résultante exprime les écarts radiométriques qui existent, point par point, entre les deux dates, et propose donc une information à l'échelle élémentaire, permettant éventuellement la reconstitution d'un type de changement en intégrant son contexte (transformation de formes, de texture...).

Ainsi, nous avons vu chapitre 13, que le développement de l'urbanisation sur sols sombres entraîne un éclaircissement des secteurs correspondants sur l'image de la seconde date, tandis que les surfaces en voie d'urbanisation sur sols clairs apparaissent plus sombres. Les modifications des réponses radiométriques au cours de la période apparaîtront donc respectivement :

- sur l'image résultante (date 1 - date 2), pour les surfaces qui se sont modifiées en s'assombrissant (cas d'une urbanisation sur sols clairs) ;
- sur l'image résultante (date 2 - date 1), pour les surfaces qui se sont modifiées en s'éclaircissant (cas d'une urbanisation sur sols sombres).

En effet, seules subsistent les valeurs de gris positives qui en résultent, puisque ces valeurs appartiennent à l'ensemble des nombres entiers naturels. Le résultat de leur soustraction est au moins égal à 0 ; on a alors, dans le cas de soustractions de niveaux de gris :

$$\begin{aligned} (a - b) &> 0, & \text{si } a > b ; \\ (a - b) &= 0, & \text{si } a < b \text{ ou si } a = b. \end{aligned}$$

Cette opération arithmétique simple peut être effectuée respectivement sur les trois canaux

**SPOT :**

- dans le sens (date 1 - date 2) :
  - $(XS1_{(86)} - XS1_{(89)})$  = image des différences radiométriques selon XS1 ;
  - $(XS2_{(86)} - XS2_{(89)})$  = image des différences radiométriques selon XS2 ;
  - $(XS3_{(86)} - XS3_{(89)})$  = image des différences radiométriques selon XS3 ;
- dans le sens (date 2 - date 1) :
  - $(XS1_{(89)} - XS1_{(86)})$  = image des différences radiométriques selon XS1 ;
  - ...etc...

Il en résulte trois images pour chacun des deux sens diachroniques, soit six néocanaux exprimant le gain ou la perte en valeur de gris.

Ces six images contiennent une information diachronique, mais en quantité trop importante pour être exploitée efficacement. Il est donc souhaitable d'en réaliser une synthèse qui, par ailleurs, facilite l'identification des surfaces en mutation, de la nature de leurs changements, des événements qui se produisent (apparition ou disparition d'objets)...

Une synthèse de l'ensemble de l'information diachronique sous forme de deux compositions colorées nous est apparue plus intéressante :

- une composition colorée qui intègre l'information des trois canaux résultant de la différence (date 1 - date 2) ;

On retrouve donc les oppositions thématiques qui concernent les secteurs à forte proportion de couverture végétale (R42, R45), ceux à sol clair (R1, R2, R50), à sol sombre (R12) ou densément bâtis (R8, R19, R34...).

Toutefois, on constate qu'il existe aussi des différences liées à des déplacements dans les plans factoriels de certaines régions (R3, R4, R5, R8, R19, R34...) par rapport à leur localisation respective dans les plans équivalents de la première image. Ces déplacements engendrent des formes de nuages de points moins concentrés, plus éparpillées, dans le plan 1-2. Ils sont dus à des changements notables dans la composition des régions en termes de couleur, changements ayant un sens thématique (voir chapitre suivant), et ils amènent une redéfinition des axes factoriels :

- l'axe 1 prend surtout en compte l'information concernant les couleurs rouges (thème : végétation) ;
- l'axe 2 conserve l'information sur la clarté des couleurs (thème : sol sombre/clair, bâti dense) ;
- l'axe 3 oppose les valeurs de couleur extrêmes aux valeurs moyennes (thème : secteur urbain-couvert végétal/surfaces minérales originelles-sols dégradés).

L'augmentation du poids statistique des couleurs rouges, en particulier rouges vifs, dans l'image de 1989 montre une plus grande importance des thèmes correspondants dans le secteur étudié. Si l'on se rappelle que ces couleurs correspondent à la végétation en période de forte activité chlorophyllienne, on constate que l'Analyse met en évidence les caractéristiques de la végétation à une date où l'eau subsiste encore en abondance. Cette particularité est très nettement observable dans les secteurs R41, R42, R44, R45, qui correspondent au domaine lacustre de Chalco, Tláhuac et Xochimilco. L'analyse visuelle permet en effet de constater l'existence de vastes surfaces rouge vif dans ces secteurs.

Il est intéressant de remarquer que la région R32 est localisée, dans les plans factoriels, à proximité des origines, alors qu'elle était très excentrée dans les plans de l'Analyse issue de la première image. Sur l'image, cette région apparaît en effet avec des rouges plus sombres que ceux des secteurs R41, R42... et semble moins spécifique (d'où son rapprochement des origines). Nous verrons, chapitre suivant, l'explication de cette différence (§ 1.3.4).

- une composition colorée qui intègre l'information des trois canaux résultant de la différence (date 2 - date 1).

Le principe de la méthode est résumé par le schéma ci-après :

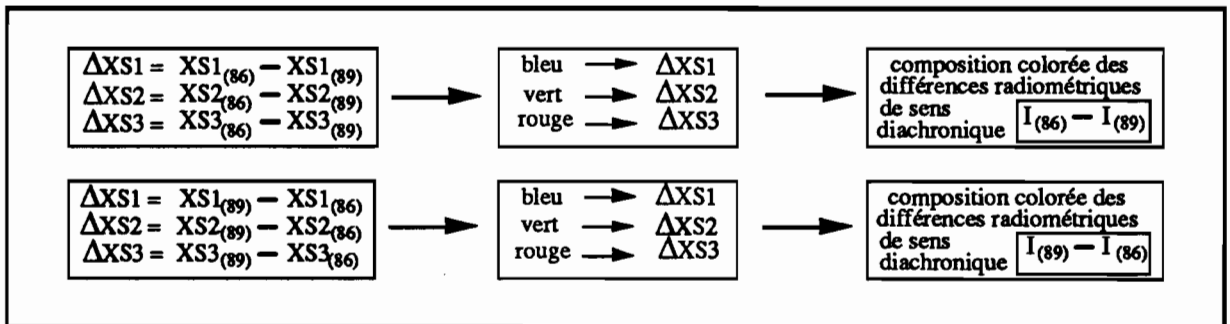


figure 163 : Principe de construction des compositions colorées diachroniques selon les différences radiométriques.

Nous obtenons donc deux compositions colorées des différences radiométriques, les bornes minimales étant obligatoirement égales à zéro, et les bornes maximales étant déterminées selon le même principe que pour les compositions colorées des images complètes (voir chapitre 6).

Cette méthode offre plusieurs avantages que nous exposerons dans la seconde partie de ce chapitre, mais que l'on peut résumer comme suit :

- simplicité du principe et de la mise en oeuvre ;
- nature des données résultantes comparable à celle des compositions colorées initiales ;
- mise en évidence et spatialisation des différences radiométriques à l'échelle élémentaire du pixel ;
- différenciation des changements selon leurs caractéristiques spectrales ;
- respect du *sens diachronique\** qui permet de caractériser les objets et les changements selon le sens de leur évolution radiométrique (gain ou perte dans les réponses), et donc de faciliter l'interprétation thématique (apparition, disparition, mutation : exemple de l'urbanisation sur sols différents)...

On remarquera que le calcul de la valeur absolue des différences radiométriques aurait permis de cumuler sur une seule image les variations de niveaux de gris, des deux sens diachroniques

confondus (date 1 - date 2) et (date 2 - date 1)... Nous avons cependant estimé que l'orientation dans le temps des changements relevés constitue un aspect important du développement urbain : apparition, disparition, évolution des réponses radiométriques, relations des événements avec le rythme saisonnier... Nous avons donc conservé des données ayant une orientation diachronique, et nous désignerons par les termes :

- *image directe*, l'image résultante qui a pour origine la soustraction arithmétique ( $I_{(89)} - I_{(86)}$ );
- *image opposée*, l'image résultante qui a pour origine la soustraction arithmétique opposée ( $I_{(86)} - I_{(89)}$ ).

Les figures 164 et 165, pages suivantes, présentent les images diachroniques des radiométries, images directe et opposée, respectivement<sup>1</sup>.

Dans la seconde partie de ce chapitre, nous verrons également les limites de ce type d'information, ainsi que les précautions nécessaires à leur interprétation.

## 1.2. Construction de l'image des différences texturales

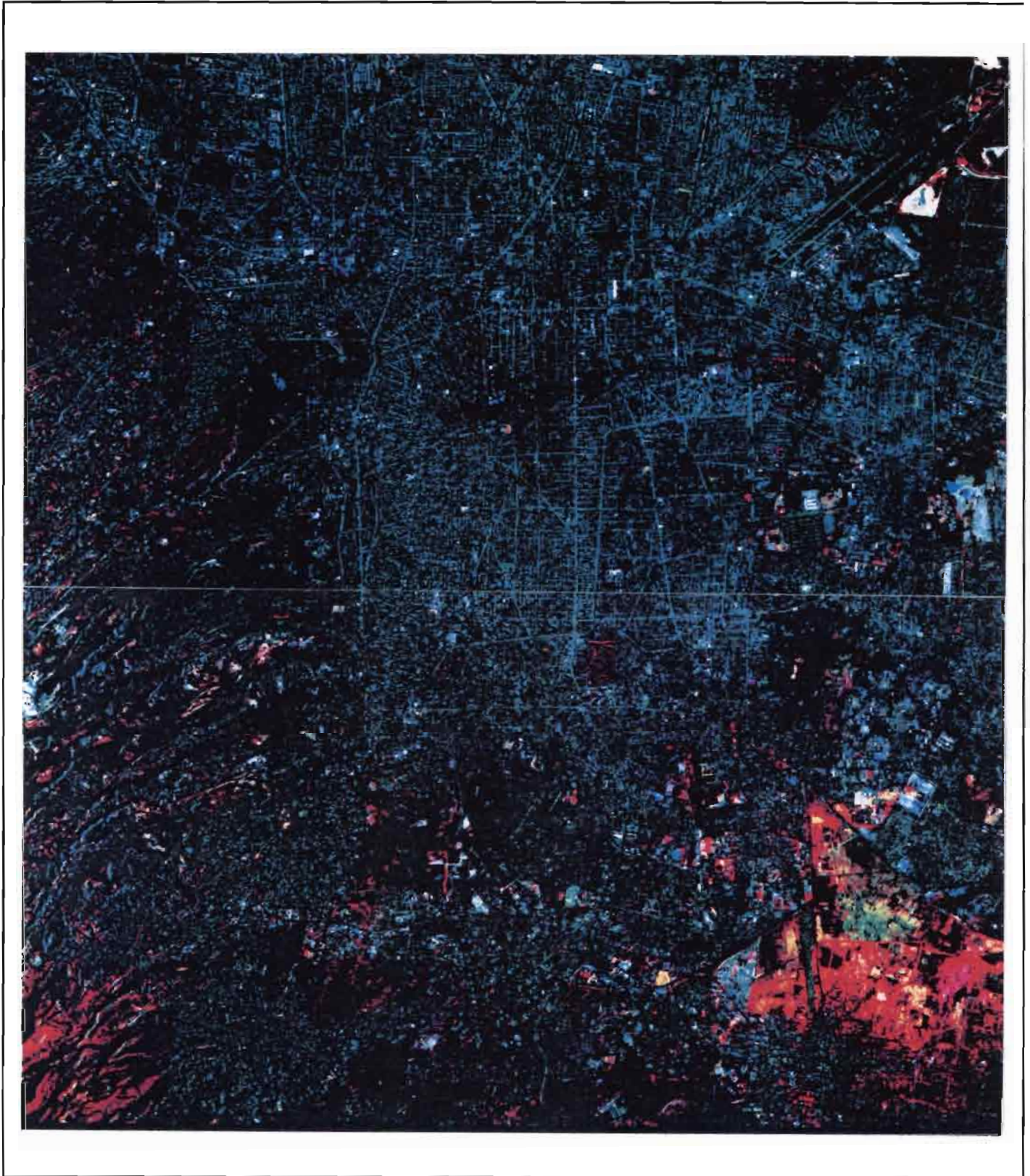
L'analyse diachronique par région n'a pas permis de mettre en évidence l'importance de l'information texturale. On peut cependant envisager que, à une échelle plus fine, des changements dans les caractères texturaux puissent rendre compte d'événements. Le fractionnement, par exemple, d'une surface homogène en sous-surfaces de niveaux de gris différents peut, en effet, apporter une information sur d'éventuels changements d'occupation du sol.

Nous avons donc tenu compte de l'information texturale, selon deux méthodes différentes :

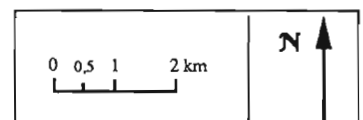
- à partir des compositions colorées initiales ;
- à partir des canaux bruts réétalés.

---

<sup>1</sup> La restitution Canon a réhaussé la clarté des couleurs sombres, phénomène amplifié ensuite dans l'étape de photocopie. Les couleurs sombres des illustrations présentées ici ("bruit vert", en particulier) apparaissent donc très éclaircies par rapport aux documents étudiés sur écran-couleur.



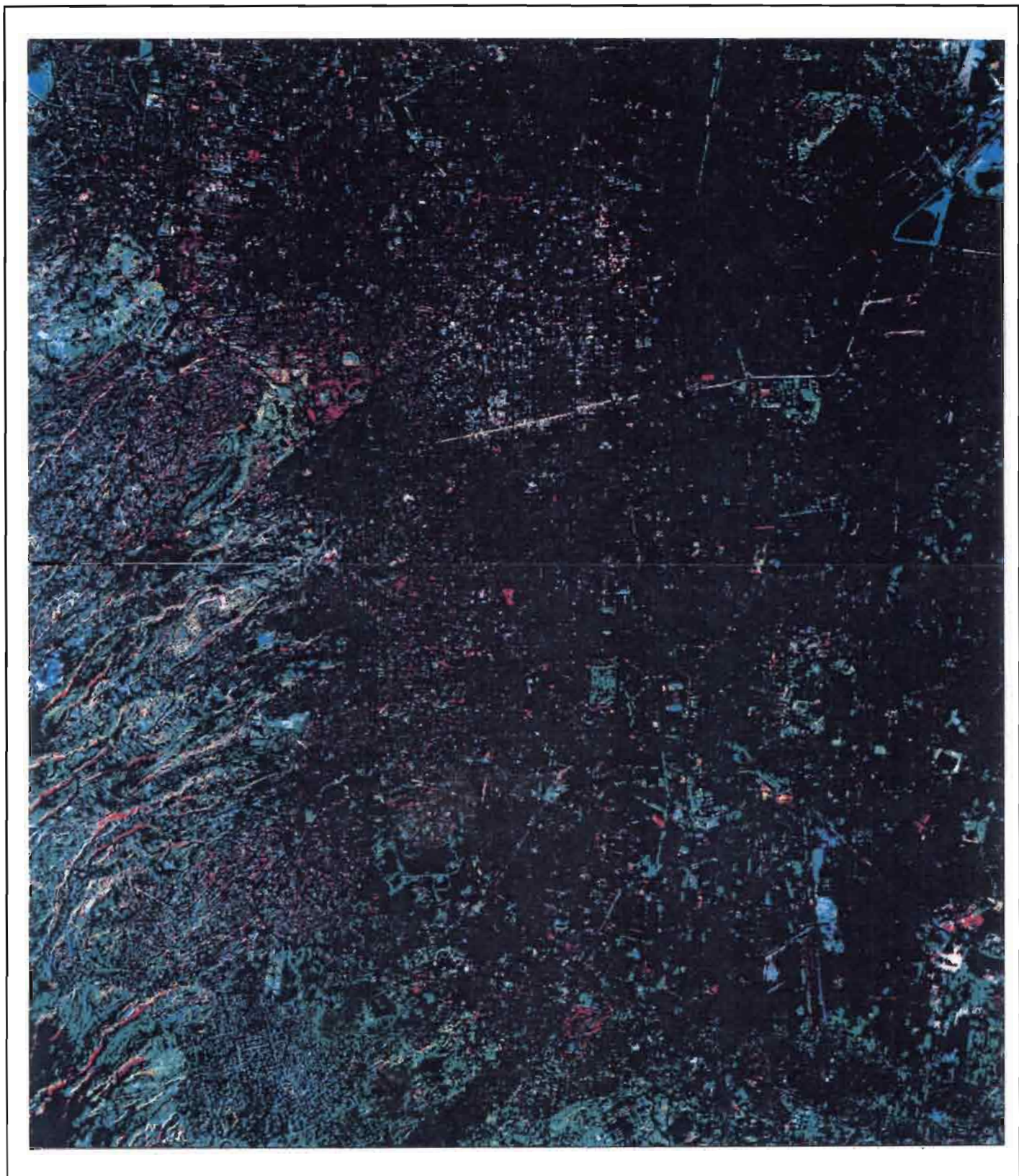
*figure 164a : Composition colorée des différences radiométriques, image directe (secteur ouest).*



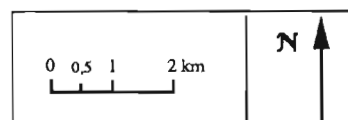


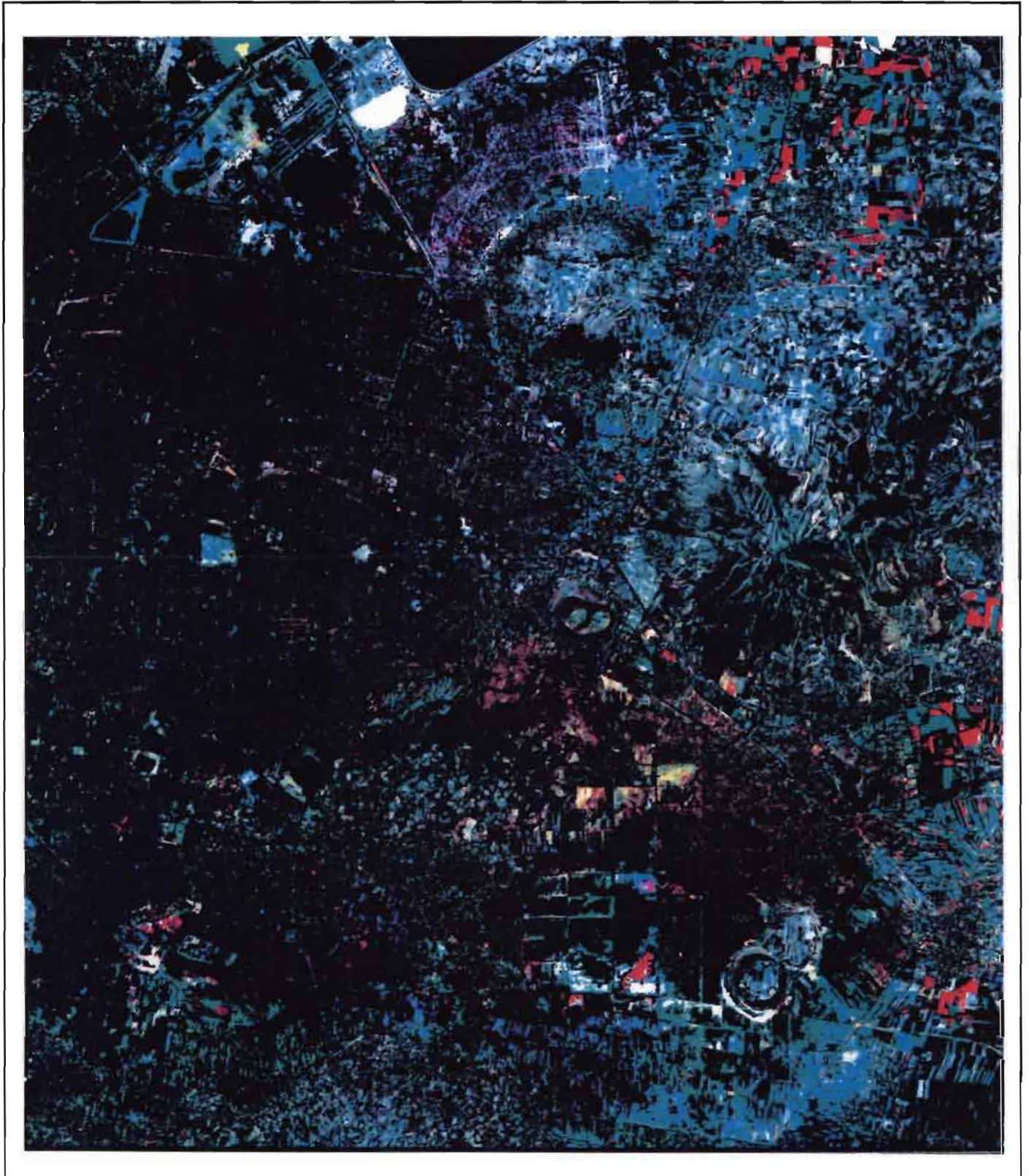
*figure 164b : Composition colorée des différences radiométriques, image directe (secteur est).*





*figure 165a : Composition colorée des différences radiométriques, image opposée (secteur ouest).*





*figure 165b : Composition colorée des différences radiométriques, image opposée (secteur est).*

### 1.2.1. Différences de texture d'après les compositions colorées initiales

Nous avons vu, chapitre 7, § 2, qu'il était possible de caractériser une composition colorée sur des critères de texture en calculant l'entropie des niveaux de gris, pour chaque pixel de l'image, à l'aide d'une fenêtre mobile de taille 3x3. La différence de texture apparaît par soustraction arithmétique de l'image des entropies d'une date, à celle des entropies de l'autre date.

En résultat, on obtient deux images des différences d'entropie, de sens diachroniques inverses, c'est-à-dire des représentations graphiques spatialisées des écarts dans l'organisation locale des couleurs, entre les deux dates :

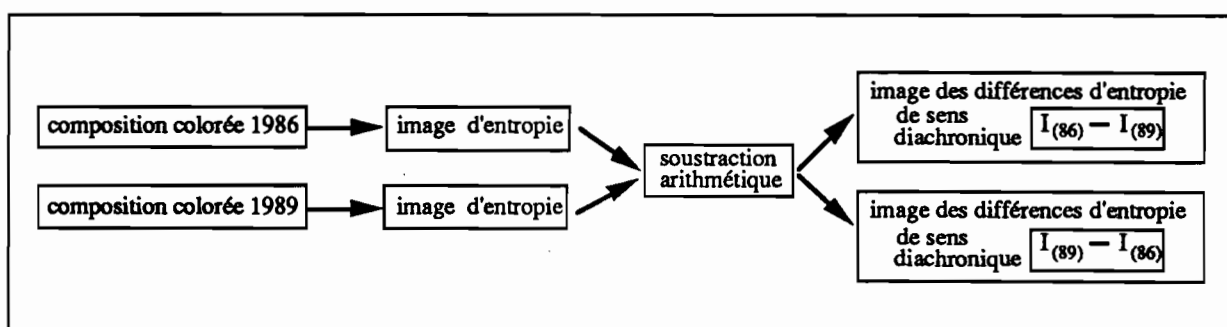


figure 166 : Principe de construction des images des différences d'entropie.

Il est évident que la différence des valeurs d'entropie n'est pas elle-même une valeur d'entropie, et qu'elle ne constitue donc pas un indicateur de texture, mais seulement un indicateur de variations.

En théorie, les fortes différences de texture doivent apparaître nettement par rapport aux faibles variations :

- une information positive des différences d'entropie sur l'image résultante (date 1 - date 2) correspond à une homogénéisation de la surface entre les deux dates (baisse d'entropie) ;
- une information positive des différences d'entropie sur l'image résultante (date 2 - date 1) correspond à une hétérogénéisation de la surface entre les deux dates (augmentation d'entropie).

Si l'on cherche à détecter, par exemple, l'urbanisation d'un secteur entre 1986 et 1989, on tiendra davantage compte de l'information qui ressort de l'image résultante de sens diachronique ( $I_{(89)} - I_{(86)}$ ), puisque les secteurs urbanisés se traduisent sur les images, dans certains cas, par des secteurs de texture plus hétérogène, donc de valeurs d'entropie plus élevées.

Dans la pratique, ce type de document présente l'avantage de sa simplicité de mise en oeuvre, mais également l'inconvénient d'une interprétation difficile. Les images résultantes se caractérisent en effet par leur "pointillisme" qui rend difficile la localisation des variations, et leur rapprochement avec des objets ou des phénomènes thématiques précis.

Par ailleurs, le calcul de l'entropie ne tient pas compte des écarts de niveaux de gris, mais seulement de leur probabilité de voisinage. Il en résulte des similitudes de désordres quels que soient les contrastes locaux, et donc, à l'échelle de l'image, un "dérangement généralisé" qui nuit à l'interprétation visuelle ou statistique des thèmes et de leurs changements dans le temps. Les différences arithmétiques ajoutent à la confusion, et contribuent à "homogénéiser l'hétérogénéité".

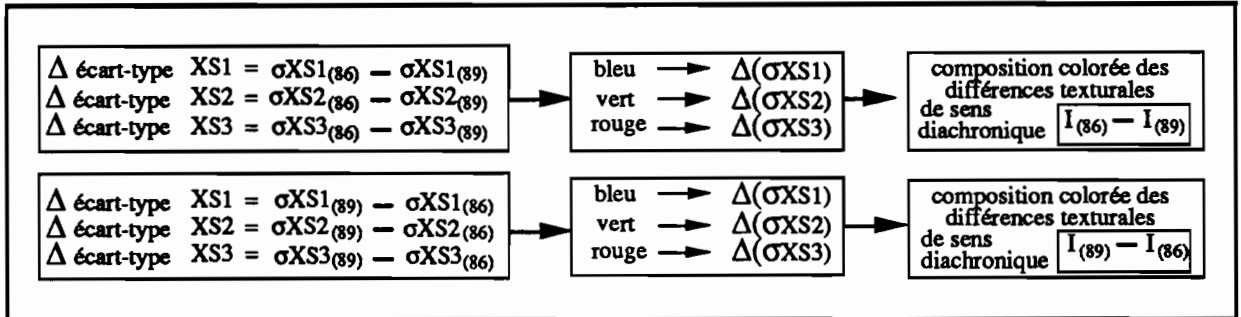
Ces documents n'ont donc été utilisés que dans des cas précis, et on a préféré prendre en compte l'amplitude des contrastes locaux, ce que permet le calcul des écarts-types.

### **1.2.2. Différences de texture d'après les canaux bruts rééталés**

L'*écart-type local* produit une mesure de la distribution des niveaux de gris calculée sur une surface donnée de l'image. Selon un principe identique à celui du calcul de l'entropie (voir chapitre 7, § 2 et 3.3), une fenêtre mobile de taille 3x3 balaie l'image, et le programme calcule, à chaque position, l'écart-type de la distribution des niveaux de gris présents dans la fenêtre. Le programme affecte la valeur de cet écart-type au pixel central de la fenêtre, et ainsi, construit un néo-canal d'écarts-types locaux.

Le résultat est une image des textures constituée à partir des contrastes locaux.

De la même manière, la différence arithmétique met en évidence les variations des écarts-types, pixel à pixel, c'est-à-dire les variations de la texture à l'échelle élémentaire. La synthèse de ces variations dans chacun des trois canaux SPOT est réalisée par une composition colorée :



*figure 167 : Principe de construction des compositions colorées diachroniques selon les différences texturales (écarts-types locaux).*

Ainsi que nous l'avons expliqué pour les variations d'entropie, les variations de l'homogénéité d'un secteur donné dans le temps apparaîtront :

- sur l'image résultante de sens diachronique ( $I_{(86)} - I_{(89)}$ ), pour l'homogénéisation (écarts-types plus élevés en 1986) ;
- sur l'image résultante de sens diachronique ( $I_{(89)} - I_{(86)}$ ), pour l'hétérogénéisation (augmentation des valeurs d'écarts-types en 1989).

Le document final permet donc de localiser les différences de texture, de comparer leur amplitude et leur fréquence, et de déduire le ou les canaux dans lesquels ces différences sont les plus marquées. Bien que calculé à partir de données différentes, le principe de construction est identique à ceux des compositions colorées initiales, et de la composition colorée des différences radiométriques. Nous verrons plus loin que ces deux types d'image diachroniques sont compatibles et complémentaires.

Nous avons donc créé des données diachroniques qui intègrent l'information de deux dates différentes, et qui mettent en évidence les changements d'une date par rapport à l'autre, selon les deux critères qui nous intéressent essentiellement dans nos analyses d'images :

- les changements radiométriques, exprimés dans l'image des différences radiométriques ;
- les changements de texture, exprimés dans l'image des différences de texture, de deux manières : l'entropie, et surtout les écarts-types locaux.

L'analyse et l'interprétation de ces documents particuliers nécessitent des précisions sur quelques-uns de leurs caractères, afin de connaître les possibilités qu'elles offrent, ainsi que les précautions qui s'imposent dans leur utilisation.

## 2. Caractères de l'information obtenue à partir des images diachroniques

Avant d'exposer quelques-unes des caractéristiques des données diachroniques, il est nécessaire de préciser quelques éléments de terminologie que nous emploierons au cours de notre analyse. Nous entendrons par :

- *image instantanée* : l'image constituée de données établies à partir de mesures radiométriques instantanées lors du passage du satellite ; on désignera par *composition colorée instantanée* une composition colorée réalisée à partir des canaux d'une image instantanée.
- *image diachronique* ou *image multidate* : S. Paul définit ce type d'image comme l'*image résultant d'un traitement de données télédéteçtées saisies sur une même scène à des jours ou des époques différents* (Paul S et al., 1991, p.252.). Les images diachroniques créées pour ce travail mettent en évidence les différences qui existent entre les caractères de l'image instantanée de 1986 et ceux de l'image instantanée de 1989.
- *caractère instantané\** : caractère de l'objet mesuré à l'instant de la mesure.
- *caractère diachronique\** : caractère du changement de l'objet mesuré à des dates différentes, obtenu par exemple par la comparaison des caractères instantanés à chacune des dates de mesure.

Examinons maintenant les particularités des différentes images diachroniques.

## 2.1. Caractères de l'image diachronique des radiométries

La conservation des particularités spectrales des surfaces représentées dans l'image diachronique des radiométries permet d'analyser les changements survenus entre les deux dates. Voyons comment interpréter les couleurs d'origine diachroniques, et les comparer à celles ayant pour origine des données instantanées.

### 2.1.1. Signification des couleurs d'une composition colorée diachronique

Retenons deux éléments sur les conditions de calcul des couleurs :

- les compositions colorées diachroniques n'ont pas été calculées à partir des mêmes étalements de dynamique que les compositions colorées initiales. Les bornes "min-max" retenues pour les compositions colorées  $CC_{(I(86)-I(89))}$  et  $CC_{(I(89)-I(86))}$  sont plus rapprochées que les bornes des compositions colorées initiales. Les couleurs ne correspondront donc pas aux mêmes valeurs radiométriques, et apparaîtront plus contrastées dans les images diachroniques.
- la Table des Couleurs reste cependant constante, ce qui signifie que les trois valeurs radiométriques déterminent les mêmes couleurs, de manière identique aux compositions colorées déjà étudiées. Ainsi, l'intensité et les tons de chacune d'entre elles sont fonction de l'intensité des signaux correspondant aux trois canaux.

Prenons un exemple illustrant la signification des couleurs diachroniques. On sait qu'une couleur rouge correspond à une valeur de gris proportionnellement plus élevée dans le canal 3, que dans les deux premiers canaux. Le "rouge diachronique" indique par conséquent une différence proportionnellement plus élevée entre les canaux 3, qu'entre les canaux 1 et entre les canaux 2.

Si la couleur rouge apparaît sur la composition colorée ( $I_{(86)} - I_{(89)}$ ), on pourra en conclure qu'il s'est produit une baisse de la réponse radiométrique plus importante dans le canal 3, entre 1986 et 1989. L'analyse thématique pourra conduire, par exemple, à la mise en évidence d'une disparition de la végétation active au lieu et à la date de l'observation.

Au contraire, l'apparition de la couleur rouge sur la composition colorée ( $I_{(89)} - I_{(86)}$ ) peut traduire une augmentation de l'activité chlorophyllienne liée aux variations saisonnières.

Un autre cas se rencontre fréquemment sur la composition colorée des différences radiométriques en milieu urbain : des particules, souvent limitées à des surfaces rectangulaires, sont de couleur blanche qui correspond à une saturation dans les trois couleurs (voir chapitre 6).

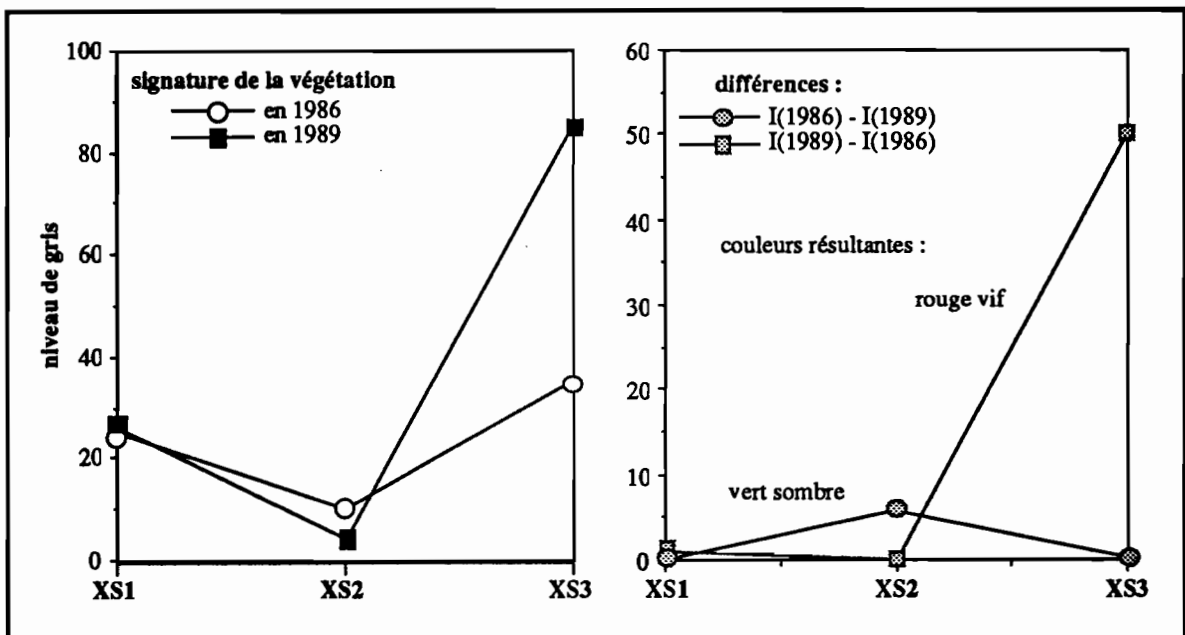


figure 168 : Exemple de mise en évidence d'un changement sur l'image lié à la végétation.

Des couleurs diachroniques de ce type correspondent donc à de fortes différences radiométriques dans les trois canaux, entre 1986 et 1989, c'est-à-dire à un changement dans la nature du matériau de surface. En milieu urbain, on constate que cette information correspond à des modifications dans l'utilisation du sol, notamment liées aux travaux d'infrastructure, à l'apparition de chantiers ou de bâtiments de vaste surface (sens diachronique ( $I_{(89)} - I_{(86)}$ )). En milieu péri-urbain, ces couleurs apparaissent plutôt sous forme de taches plus étendues (voir



chapitre 8, § 2.2) qui peuvent alors traduire une modification à vaste échelle de l'occupation du sol : changements des caractéristiques pédologiques, création d'un quartier densément construit...

La présence de ces mêmes particules sur l'image opposée permet d'envisager la fin de chantiers (particules), ou la densification de l'urbanisation sur sol clair dans un quartier (taches).

Ces conclusions sont données à titre d'exemples ; dans la pratique, elles doivent être émises avec prudence : comme le montre l'exemple ci-après, une couleur résultante donnée peut provenir d'informations initiales très différentes :

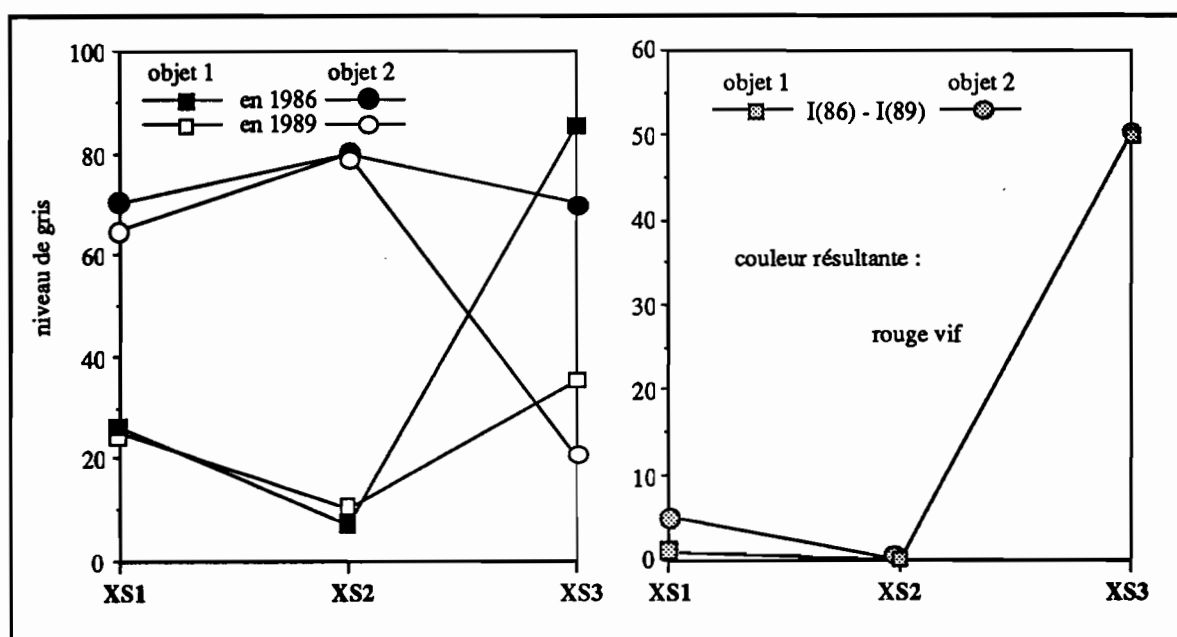


figure 169 : Exemple d'une même couleur obtenue à partir de deux informations initiales différentes.

### 2.1.2. Nature et structure des changements

Bien que différentes, les signatures spectrales<sup>1</sup> des objets 1 et 2 ci-dessus enregistrent une variation des niveaux de gris de sens et de grandeur comparables, dans le même canal, entre 1986 et 1989. La composition colorée résultante traduit cette similitude par une même couleur.

<sup>1</sup> signature spectrale : voir remarque sur ce terme chapitre 7, § 1.3.

Ce type de document fournit donc une information sur la structure radiométrique du changement ; on ne peut en déduire la nature des objets et de leurs changements qu'indirectement, par un raisonnement au cas par cas, auquel s'ajoutent des observations exogènes. L'analyse comparée des images initiales reste donc nécessaire, en même temps que l'apport d'une connaissance thématique, afin de confirmer les conclusions émises à partir des images diachroniques de ce type.

Dans l'exemple ci-dessus (figure 169), la couleur résultante incite à attribuer le changement à une augmentation de l'activité chlorophyllienne de la végétation pour les deux objets. L'analyse détaillée des signatures confirme que cette explication est la plus probable, y compris pour l'objet 2 : les réponses radiométriques augmentent dans le canal 3, mais ne varient pas dans les deux canaux du domaine visible. L'objet 2 peut alors être interprété comme une surface minérale claire, avec une végétation à l'activité réduite en mars 1986, mais qui connaît un regain en décembre 1989.

### **2.1.3. Sens diachronique, complémentarité et redondance**

On observe une complémentarité entre les deux images des différences, sous plusieurs aspects :

- chronologique : comme nous l'avons montré ci-dessus, les images résultantes conservent chacune un sens du changement (disparition/apparition et mutation) ;
- spatiale : la superposition ou la disjonction spatiale des changements dans les réponses spectrales constitue une information qui peut aider à l'identification des objets et de leurs changements ;
- thématique : les caractères chronologiques et spatiaux des différences radiométriques, pris individuellement et conjointement, permettent la mise en évidence des étapes dans l'évolution ou des états différents d'un objet donné.

Reprenons l'exemple de la figure 168. On remarque qu'un même pixel apparaît en rouge vif sur l'image résultante directe et en vert sombre sur l'opposée. Ce pixel correspond à un seul et

même objet au sol, un champ, mais il se présente sous deux aspects différents, qui correspondent à deux états différents au moment des mesures :

*tableau 36 : Complémentarité de l'information, selon les sens diachroniques.*

objet thématique	couleur/image	date	état
parcelle agricole :	$(I(89) - I(86))$ = rouge vif	décembre 89	couverture végétale ==> culture en pied
	$(I(86) - I(89))$ = vert sombre	mars 86	sol nu ==> récoltée (labourée ?)

Les deux sens diachroniques contiennent, l'un pour l'autre, une part d'information complémentaire, mais également une information redondante. Par exemple, les deux images diachroniques expriment, chacune à leur manière, un même changement : si une surface donnée s'éclaircit en 1989, l'image opposée montre que la même surface s'assombrit de 1989 à 1986 ! Pour une interprétation visuelle, la redondance n'est pas inutile : elle attire l'attention sur les divers aspects du changement. Le fait, par exemple qu'un champ apparaisse en rouge sur l'image de tel sens diachronique, n'implique pas pour l'observateur qu'il apparaisse en vert sur l'image de sens opposé.

#### **2.1.4. Caractères généraux des images diachroniques des radiométries**

Dans les deux cas, les images résultantes offrent un ensemble de caractéristiques, communes ou spécifiques, selon le sens de la diachronie et selon la localisation spatiale. Nous en présentons ci-après quelques caractères généraux qui ressortent de leur interprétation : les bruits, les formes et les tissus. On trouvera quelques illustrations concernant ces caractères dans les figures qui accompagnent l'analyse des changements survenus dans l'agglomération, paragraphe 3 (figures 171 et suivantes).

Parmi les caractères généraux, on retiendra notamment :

• **bruit rouge et bruit vert :**

les deux compositions colorées contiennent chacune un *bruit* particulier, qui apparaît sous forme d'une couleur dominante :

- composés bleu-vert<sup>1</sup> sur l'image directe,
- composés rouges<sup>2</sup> sur l'image opposée.

Ces artefacts liés à la méthode se traduisent par un fond sombre correspondant à la couleur dominante. Ils proviennent essentiellement des approximations introduites par le rééchantillonnage et l'ajustement des dynamiques des canaux bruts entre les deux dates. L'imperfection du recalage géométrique (contours flous, correspondance des pixels localement fautive, superposition approximative des tâches entre les deux dates...) participe également à ce bruit.

On peut résumer les caractéristiques de ces bruits respectifs par le tableau ci-après :

*tableau 37 : Caractéristiques des bruits de CC<sub>(89)-(86)</sub> et CC<sub>(86)-(89)</sub>.*

image/bruit	domaine thématique	remarques
(I <sub>(89)</sub> - I <sub>(86)</sub> ) bleu <sup>+</sup> -vert <sup>-</sup> bleu <sup>-</sup> -vert <sup>+</sup>	urbain dense <sup>3</sup> . non-urbanisé	réponses dans les canaux 1 et 2 de I <sub>(89)</sub> supérieures aux réponses de I <sub>(86)</sub>
(I <sub>(86)</sub> - I <sub>(89)</sub> ) marron-rouge	sans distinction	réponses dans le canal 3 de I <sub>(86)</sub> supérieures aux réponses de I <sub>(89)</sub>

• **surfaces et particules :**

des surfaces homogènes et des particules ressortent de ces bruits de fond ; on remarque notamment de vastes surfaces, de couleurs uniformes ou voisines, dans les secteurs de l'image qui correspondent à des milieux naturels ou semi-naturels localisés sur le pourtour de l'agglomération.

Les changements, définitifs ou saisonniers, survenus dans les secteurs urbanisés et agricoles se signalent plutôt par des particules de tailles variées (de trois ou quatre pixels, à quelques dizaines), de formes souvent rectangulaires...

Le tableau 38 ci-après rassemble les principales caractéristiques des particules rencontrées dans

<sup>1</sup> Essentiellement couleurs 9, 13, 14, 46, 49...

<sup>2</sup> Couleurs 64, 100, 104, 128...

<sup>3</sup> Ces signaux résiduels constituent un *bruit* selon notre problématique ; une autre problématique pourrait au contraire les utiliser, puisqu'ils comportent en réalité une information urbaine, structuration de l'espace par la grande voirie, en particulier...

les deux images résultantes, et les associe aux thèmes les plus fréquents :

*tableau 38 : Caractéristiques des particules des images diachroniques.*

couleur	taille (pixels)	dispersion	disposition	correspondances thématiques
verts, bleus clairs, gris	qlq dizaines régulière	dense	isolé ou en mosaïque	parcellaire agricole : - labouré
rouges	idem	idem	idem	- culture sur pied
blanc, bleus clairs	qlq dizaines irrégulière	dispersé	isolé, irrégulier	bâti et chantiers : - grands
idem	qlq unités	idem	isolé ou en essaim	- petits

• **tissus et groupes de points :**

certains secteurs des deux images se caractérisent par un émiettement des surfaces réduites à des pixels ou couples de pixels isolés, qui confèrent une microtexture particulièrement irrégulière à ces parties d'image. Ce caractère de texture grenue n'est parfois que visuel, non pas dû à l'isolement des pixels, mais à de forts contrastes locaux qui individualisent les éléments constituant un tissu assez continu. Ces deux aspects, pixels isolés/tissu à forts contrastes, sont souvent complémentaires entre les deux images, les pixels isolés se localisant plutôt sur l'image directe, dans les secteurs qui correspondent aux tissus à forts contrastes sur l'image opposée.

On observe aussi, plus rarement, des tissus de couleur uniforme assez claire, qui se distinguent des surfaces homogènes décrites ci-dessus, par des discontinuités, et par l'hétérogénéité de leur morphologie : texture grossière et inégale, structuration en linéaments...

La couleur des points et celle de ces tissus, sont généralement liées à celle du bruit : bleu-vert pour les points de l'image directe, et marron-rouge sur l'image opposée.

Ce type de tissu et ces groupes de points sont l'empreinte caractéristique des zones urbanisées sur l'image ; la méthode amplifie les textures irrégulières observables sur les canaux bruts, mais aussi sur les compositions colorées initiales.

La plupart de ces remarques concernent également les images diachroniques des textures.

## 2.2. Caractères des images diachroniques des textures

Les images des différences des écarts-types locaux mettent en évidence les variations de texture calculées entre deux dates, canal par canal. Ces images présentent surtout des contours de

formes qui n'existent pas à l'une des deux dates, ou de changements dans les caractères radiométriques de ces formes.

Les variations ponctuelles de la texture ne sont clairement mises en évidence que si elles atteignent une amplitude assez forte.

Les particules et les surfaces de couleurs qui apparaissent dans les compositions colorées des différences radiométriques (voir ci-dessus), sont également présentes dans les compositions colorées des différences de texture, mais par leurs contours uniquement. Par exemple : les rectangles rouges et verts présents dans les images diachroniques radiométriques, se réduisent à leurs contours dans les images diachroniques des textures.

Les couleurs de ces contours correspondent souvent à celles de la forme initiale : la plus grande variation de texture est en effet enregistrée dans le canal où l'objet engendre le plus fort contraste avec son environnement. Ainsi, un rectangle rouge qui correspond à l'existence d'un champ en culture à l'une des dates est surtout décelable dans le canal 3 de SPOT ; l'existence de ce champ se traduit localement par un "saut" des valeurs radiométriques dans ce même canal, localisé à la zone de contact de la forme initiale avec son contexte. La marque texturale de ce rectangle rouge se présente donc sous forme d'un cadre rectangulaire rouge sur l'image des textures, comme le montre l'illustration ci-après :

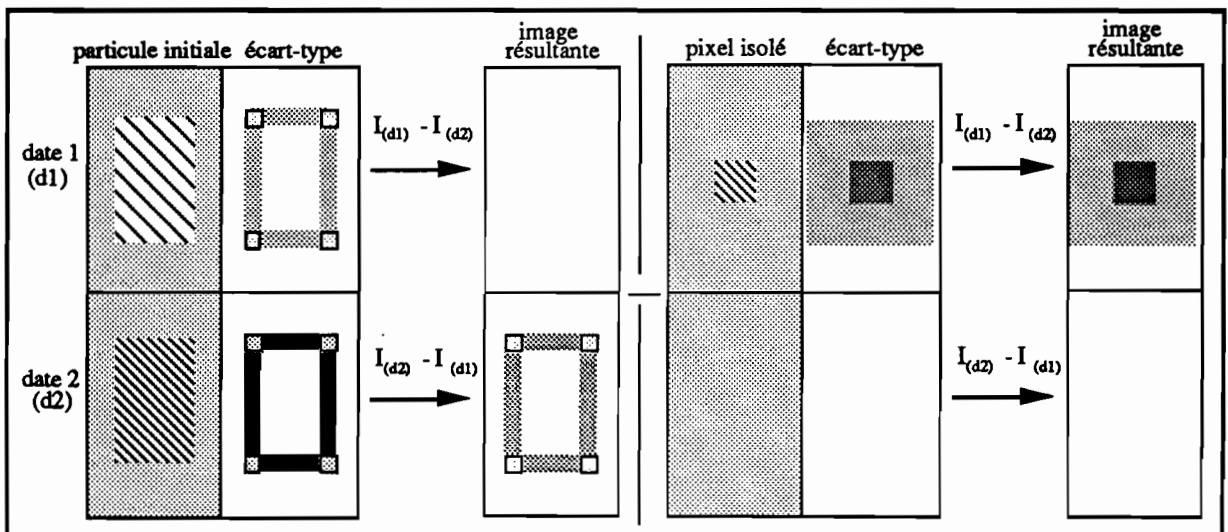


figure 170 : Exemples de formes apparaissant sur l'image diachronique des textures.

Ce type d'image est plus intéressant pour la détection visuelle des pixels isolés ; en effet, la microvariation de texture est enregistrée et représentée sur un espace plus large, puisque la surface de calcul est de 9 pixels. Cette représentation est donc particulièrement adaptée à l'étude des milieux urbains caractérisés sur les images par des surfaces hétérogènes.

L'interprétation d'un tel document requiert la même prudence que celle des documents établis à partir des différences radiométriques (voir § 2.1.1) : les fortes valeurs résultantes n'impliquent pas de fortes valeurs des indicateurs de texture, mais une forte différence entre les valeurs d'un même indicateur calculé à deux instants différents. Le caractère diachronique textural possède également une information complémentaire selon le sens de la différence (voir § 2.1.3).

La méthode que nous venons d'exposer, produit donc des *cartes des changements* par la mise en évidence point par point des différences apparues entre deux dates. Ces documents fournissent l'ampleur de ces différences, leurs localisations et leurs structures... et proposent à l'utilisateur des pistes de recherche sur la nature et sur les causes des changements.

Ils offrent en outre l'avantage de produire des données de même nature que les compositions colorées initiales, et par conséquent de rendre possible une lecture simultanée, des analyses comparées et l'utilisation de méthodes standards de traitements statistiques...

Nous allons maintenant examiner les changements urbains que l'information diachronique nous permet d'observer dans notre zone d'étude.

### **3. Les transformations survenues au sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1990**

Avant d'établir une synthèse de la croissance urbaine du sud-est de l'agglomération de Mexico, nous analyserons les compositions colorées établies à partir des différences radiométriques et

celles des différences d'écart-types, secteur par secteur, dans l'ordre suivi pour le commentaire de la composition colorée initiale de 1986 (chapitre 6).

Afin de montrer la démarche d'analyse, nous détaillerons, pour les premiers secteurs commentés, les observations faites sur les images et les conclusions thématiques que nous en tirons. Par la suite, nous irons plus directement à l'analyse géographique.

Nous préciserons la nature des changements observés, apparition/disparition/mutation, et nous tenterons de déterminer les indices de la croissance urbaine, afin d'en analyser les aspects géographiques. Nous nous aiderons en cela des compositions colorées initiales, et d'informations exogènes : photographies aériennes, enquête de terrain...

La période étudiée est comprise entre 1986 et 1989 ; toutefois, nous utiliserons également une composition colorée créée à partir de l'image multibande SPOT-2 du 20 décembre 1990 qui couvre la limite orientale de l'agglomération : Chimalhuacán, La Paz et Chalco. Ces données supplémentaires nous permettront d'étendre et d'affiner notre analyse sur les secteurs couverts par les trois images<sup>1</sup>.

### **3.1. Le Centre**

Le Centre qu'on aurait pu croire immobile dans le temps, de par sa forte densité urbaine, se révèle en réalité le lieu d'une intense activité de construction, comme en témoignent les chantiers et l'apparition d'équipements.

#### **3.1.1. Des chantiers au coeur de la ville**

L'essentiel des changements survenus dans le secteur du Centre est révélé sur l'image opposée : des éléments à fortes réponses radiométriques en 1986 ont disparu en 1989. La composition colorée initiale de 86 nous a amené à constater la présence d'un essaim de particules de couleur

---

<sup>1</sup> Composition colorée créée à partir de deux scènes SPOT-2, K,J = 589/311 et 589/312 du 20/12/90, utilisée avec l'autorisation de C. Zebrowski et C. Bouvier (ORSTOM).



claire, généralement de forme rectangulaire, mises en relation avec les chantiers de reconstruction des immeubles atteints par le séisme de 1985.

La présence de ces particules sur la composition colorée (I<sub>(86)</sub> - I<sub>(89)</sub>) montre l'achèvement d'une grande partie des chantiers en 1989<sup>1</sup>.

La figure 165 montre ce groupe de points blancs, au nord-ouest de l'image, ainsi qu'un linéament d'orientation est-ouest, situé au sud du secteur des chantiers. Ce linéament, visible sur la composition colorée de 1986 n'existe pas sur celle de 1989 ; il correspond au chantier de la ligne de métro Pantitlán-Tacubaya par Chabacano. On peut donc conclure, d'après l'image, que le chantier était terminé en 89. Nous avons constaté, en effet, que cette ligne était en service à cette date.

### 3.1.2. Création d'équipements

L'aboutissement de ces chantiers ne représente pas l'unique changement observable dans le Centre. Sur l'image directe, le secteur correspondant présente un certain nombre de particules de couleur claire, susceptibles de traduire l'apparition de bâtiments de grande taille ou de nouveaux chantiers dans le centre historique et ses alentours, en particulier en direction du nord, du nord-est et de l'est. Entre le Zocalo et l'aéroport, on observe notamment la réalisation d'ouvrages dans le quartier de la Merced, à l'Ecole de Tir, à l'aéroport-même : suppression de la piste secondaire nord-ouest/sud-est que l'on voit clairement disparaître entre les deux dates, construction ou aménagement de hangars...

Le secteur d'Agrícola Pantitlán (zone d'enquête Z19, région R34) a vu se multiplier les constructions à vocation industrielle au cours des quatre années qui séparent les deux images, comme en atteste les documents diachroniques : une vingtaine de particules de couleur claire, de

---

<sup>1</sup> La fin des chantiers de reconstruction ou de réparation ne signifie pas que tous les immeubles désaffectés à la suite du séisme, aient été restaurés ou remplacés (exemples de la Zone Rose et du Paseo de la Reforma...).

taille qui peut atteindre une dizaine de pixels (centre nord de la figure 164). Certaines de ces particules semblent plutôt liées à des chantiers, ou à du bâti associé à des chantiers, comme on peut en juger par la présence d'auréoles diffuses teintées de couleurs plus rouges (roses, mauves...). Comme l'a réalisé C. Pedron pour la ville de Toulouse, une étude particulière permettrait de discriminer certains chantiers des bâtiments déjà construits<sup>1</sup> (Pedron, 1988 ; voir aussi Bernard, 1988).

On remarquera que le caractère diachronique est identique à l'un des caractères instantanés de ce quartier : présence de particules rectangulaires claires.

La comparaison des deux images résultantes apporte également un éclairage intéressant sur l'état de la végétation urbaine et péri-urbaine. Les différences radiométriques dans le canal 3 apparaissent en effet très nettement ; elles marquent l'évolution saisonnière de la végétation, selon le sens diachronique :

- sur l'image ( $I_{(86)} - I_{(89)}$ ), un signal résultant de valeur proportionnellement élevée dans le canal 3 correspond le plus souvent à de la végétation localisée au sud-ouest de l'agglomération. Nous avons vu dans le § 2.4 du chapitre précédent, que la baisse de la réponse radiométrique en 1989 ne correspond pas à une réduction réelle de l'activité chlorophyllienne, puisqu'il s'agit de secteurs occupés par une végétation d'agrément entretenue : *Coyoacan, Jardines del Pedregal...* donc de qualité constante (voir chapitre 6). Nous retrouverons donc ici les mouvements apparents mis en évidence par les Analyses diachroniques par région.

- dans le sens ( $I_{(89)} - I_{(86)}$ ), ressort au contraire la végétation développée entre les deux dates, essentiellement pour des raisons saisonnières. Nous verrons un certain nombre de changements de cet ordre dans la partie sud de l'agglomération et à l'est. Dans le Centre lui-même, on constate qu'aucune modification, relative à la distribution de la végétation, n'est intervenue.

---

<sup>1</sup> La méthode repose sur la classification numérique de deux images SPOT panchromatiques + multibande.

### 3.2. Nezahualcóyotl

L'image de 1990 couvre la partie est de ce municpe et nous en tiendrons compte dans notre analyse, bien qu'il n'ait pas été constitué d'image diachronique avec ces données.

Les deux compositions colorées des différences radiométriques (1986/1989) montrent globalement de faibles valeurs résultantes sur l'ensemble du territoire de Nezahualcóyotl : les valeurs radiométriques initiales ont donc peu varié dans les trois canaux, entre les deux dates.

On peut en conclure que ce quartier n'a pas connu, au cours de ces quatre ans, de changement majeur décelable par les capteurs SPOT, quel que soit le sens diachronique. Vu par satellite, Nezahualcóyotl apparaît comme un secteur immobile par rapport à de nombreux autres quartiers plus dynamiques. Les variations semblent en particulier moins importantes ici, que dans le centre de l'agglomération (voir ci-dessus), observation que confirme l'image de 1990.

Cette constatation peut surprendre : l'idée de dynamisme urbain s'associe plus volontiers aux quartiers périphériques qu'au "vieux centre"... Ce contre-exemple s'explique de manière simple :

- Nezahualcóyotl a certes connu une urbanisation galopante jusque dans les années 70, mais il constitue un quartier densément construit à la fin des années 80. Cette densité d'une part, un certain degré de consolidation d'autre part, expliquent l'extrême ralentissement des constructions nouvelles, et la rareté des chantiers ;
- la nature et le mode d'occupation du sol<sup>1</sup>, expliquent par ailleurs l'immobilité économique de ce quartier. Les immeubles et les bâtiments du Centre, au contraire, sont l'objet d'entretien, d'aménagements, d'agrandissements, de spéculation et de réaffectation... de fréquence et d'ampleur plus importantes que le petit habitat individuel. L'activité économique se perçoit dans les changements qu'elle apporte ; Nezahualcóyotl reste invisible sur l'image de ces changements.

---

<sup>1</sup> secteur à faible activité économique, morphologiquement uniforme, constitué d'habitations individuelles sur des lots standards.

Pour autant, on ne peut en conclure que ce municipe n'a connu aucune transformation entre 1986 et 1990. En réalité, des changements, probablement nombreux mais d'ampleur faible par rapport à la taille du quartier, sont intervenus au cours de cette période, en particulier la consolidation du bâti.

### 3.2.1. Consolidation-fourmi

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, le développement urbain n'est pas seulement envisageable sous l'aspect de la conquête de nouveaux espaces ; c'est aussi la transformation progressive d'espaces en cours d'urbanisation, et leur intégration au monde urbain déjà existant. Certaines de ces transformations concernent le bâti (densification, "durcification"...), l'équipement (voirie, lieux publics...), et éventuellement, la végétation...

La plupart de ces transformations ne peuvent être directement mesurées par les capteurs satellitaires actuels, à moins qu'elles se produisent de manière intense dans un secteur déterminé. A Nezahualcōyotl, l'urbanisation continue désormais par des interventions ponctuelles : aplanissage ou goudronnage d'une rue, rajout d'un étage à une maison, plantation de quelques arbres... Ces opérations individuelles réalisées à l'échelle "microscopique"<sup>1</sup> ou hors dimension (cas de la croissance verticale...), sont d'autant moins perceptibles par satellite qu'elles sont éparpillées.

Des traces de ce développement atomisé sont cependant décelables sur les images diachroniques ; elles apparaissent davantage sous forme de trames ténues que sous forme de particules, ce qui confirme bien la nature du changement : diffus, mais généralisé.

Sur l'image directe, il n'apparaît guère que le *bruit vert* qui apparaît comme typique des surfaces densément urbanisées. L'intensité est cependant plus faible que le bruit présent dans le secteur de l'image correspondant au Centre

---

<sup>1</sup>...s'entend : d'échelle inférieure à la limite de résolution des capteurs...

Plus intéressante est l'image opposée (figure 165). Dans cette partie de l'image, l'urbanisation se traduit, en effet, par une baisse des réponses radiométriques, parce que les matériaux de construction sont moins réfléchissants que les sols salins d'origine.

La présence sur cette image de taches sombres composées de rouges et bleus, permet de localiser les secteurs de Nezahualcóyotl qui subissent l'urbanisation-fourmi la plus marquée. On en observe essentiellement deux que l'on pourra situer grâce à la figure 174, pages suivantes :

- le secteur nord (région R4 de notre zonage initial) qui correspond à la colonie *El Sol* ;
- le secteur oriental, le long de la limite administrative avec le municipe de Chimalhuacán (colonies *Aurora, Esperanza, San Agustín Atlapulco, Los Reyes...*).

Ces deux secteurs correspondent en effet aux extensions les plus récentes de Nezahualcóyotl, qui continuent, par conséquent, leur consolidation de manière significative. Cette consolidation, surtout à l'est, est marquée par une densification du bâti, l'imperméabilisation du sol et l'occupation des derniers îlots libres. La présence et la nature des couleurs sur la composition colorée des différences radiométriques s'expliquent par la raréfaction du sol lacustre sans couverture : peu à peu le substrat disparaît sous le béton et le goudron ; ces changements ont également pour effet de limiter les foyers de poussière et la propagation de celle-ci

### 3.2.2. Création de nouvelles colonies

La présence de deux groupes de pixels sur l'image diachronique des radiométries indique des modifications dans l'occupation du sol entre les deux dates. Ces deux trames se caractérisent par leurs couleurs violette et mauve, et leurs plages de texture assez hétérogènes.

On observe deux secteurs où sont apparus des quartiers sur des terres non bâties en 1986 :

- le quartier situé au nord-ouest de Nezahualcóyotl, à l'extrême nord du quadrilatère réservé à l'aéroport international. Ce quartier constitue la prolongation septentrionale de la colonie *Ampliación Ciudad Lago*, établie au-delà du *Bordo Poniente*, sur des terres qui s'avancent dans

le lac Texcoco. On a bâti, ici, sur environ 23 hectares<sup>1</sup> de terres récemment encore inondables, comme le prouve la présence d'une tache homogène noire, sur la composition colorée de 1986. Cette tache correspond à une étendue d'eau stagnante, persistante en fin de saison sèche<sup>2</sup>.

L'examen comparé de la disposition des couleurs et des variations locales de la texture, montre que l'urbanisation s'est produite à partir du sud de la colonie, puis s'est propagée vers le nord. Ces mêmes critères laissent supposer que, en décembre 1989, le paysage de ce quartier est semblable à celui de la colonie *Del Sol*, quartier un peu plus ancien de Nezahualcóyotl : bâti généralement construit de matériaux durables, en densité moyenne à forte.

Aucune structure urbaine particulière, voirie, édifices, équipements... n'apparaît sur l'image.

- la colonie *Unidad Habitacional Solidaridad*, est restée enclave non bâtie à la limite de Nezahualcóyotl et d'Iztapalapa<sup>3</sup>, jusqu'à la fin des années 80. Ce secteur avait été réservé pour la construction d'une cité militaire, finalement édifiée dans le sud d'Iztapalapa (*Emisora XEX*, voir §3.4).

Comme on peut le constater sur les trois illustrations couleurs qui composent la figure 171, l'urbanisation visible sur l'image de 89 correspond aux deux tiers nord-ouest de la colonie, soit une superficie égale à la moitié des quelques 90 hectares qui constituent l'enclave au total.

---

figures de la page suivante :

*figure 171 : Création de l'Unidad Habitacional Solidaridad (compositions colorées de 1986, 1989, et des différences radiométriques).*

*figure 172 : Urbanisation de San Agustín-Las Alamedas (compositions colorées de 1986, 1989, et 1990).*

---

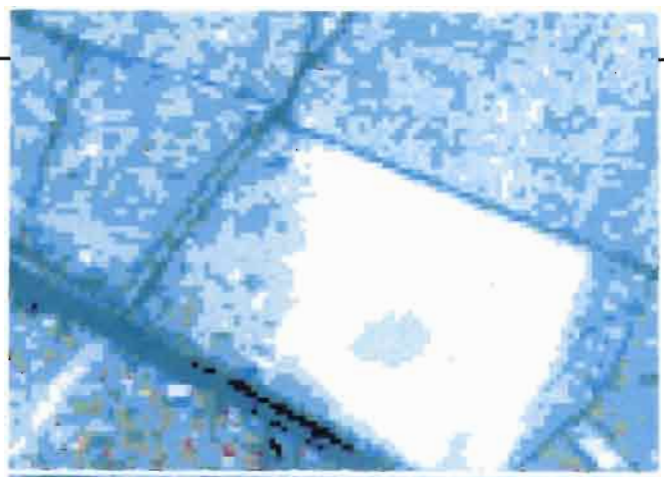
<sup>1</sup> Cette surface est calculée d'après le nombre de pixels du secteur correspondant sur l'image, sachant que 1 pixel correspond à 400 m<sup>2</sup> sur le terrain.

<sup>2</sup> Il semble que ce secteur ait été à nouveau inondé au début des années 90, volontairement, afin d'empêcher l'occupation illégale du sol et de contenir l'expansion urbaine dans le domaine lacustre.

<sup>3</sup> Cette colonie ne fait pas partie, administrativement, du municipe de Nezahualcóyotl, mais de la délégation d'Iztapalapa. Elle forme cependant une enclave dans notre zonage de Nezahualcóyotl (région 3).

figure 171

1986



1989

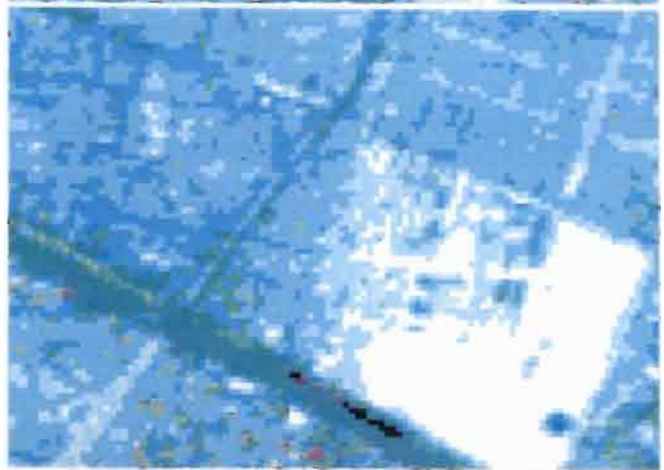
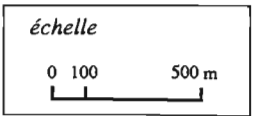
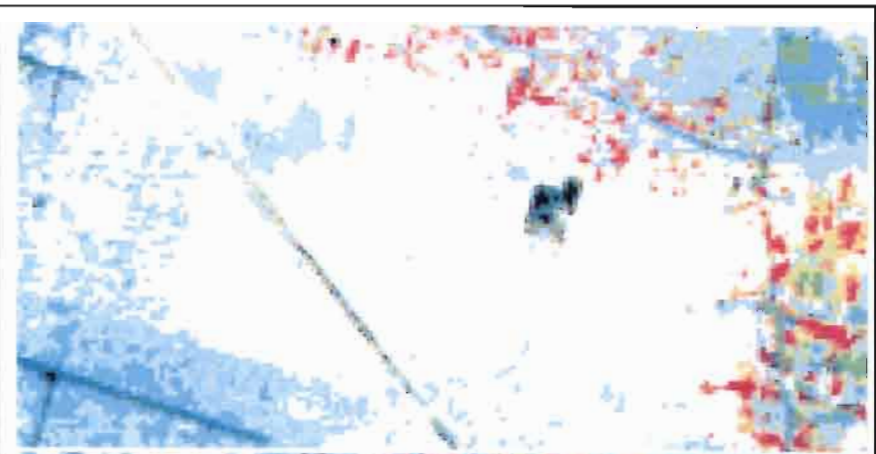


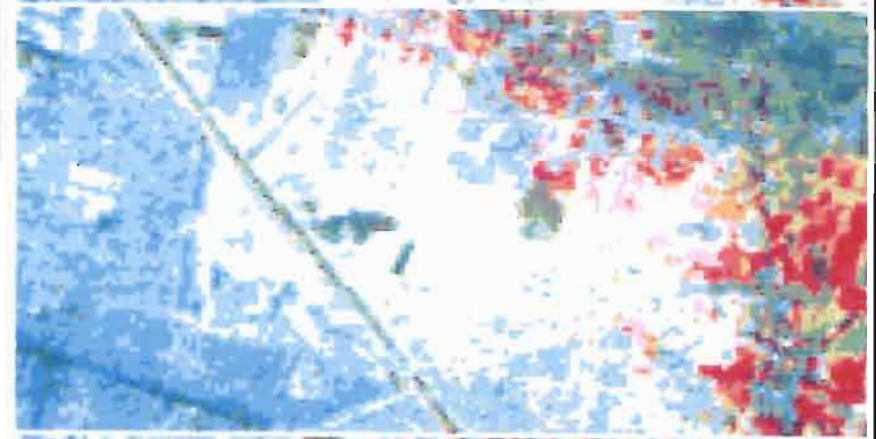
image diachronique  
CC<sub>(1986 - 1989)</sub>



1986



1989



1990

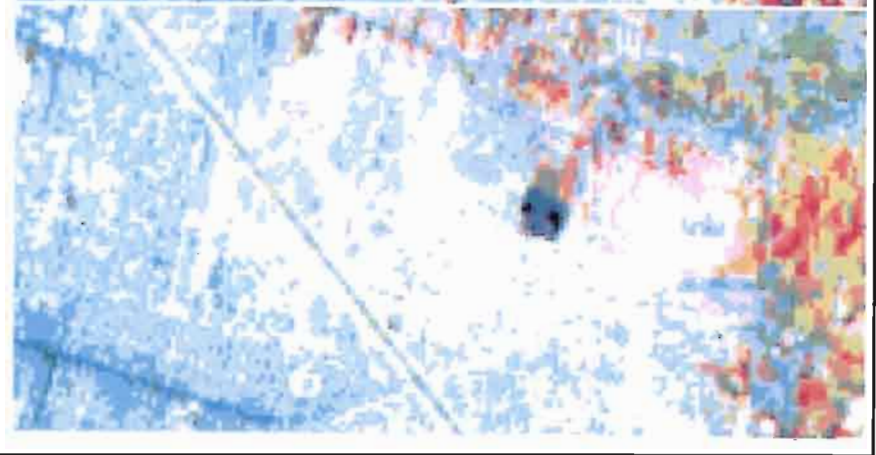
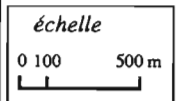


figure 172



On notera que l'homogénéité des surfaces de l'image de 1989, correspondant à la partie sud et est de la colonie, ne permet pas de déceler l'invasion des terres dont ce secteur fait pourtant l'objet à cette date.

Des linéaments de couleurs claires apparaissent sur la composition colorée instantanée de 1989 et trouvent leur correspondance sur celle des différences radiométriques. Ces linéaments permettent de reconstituer certaines structures urbaines, mises en place au cours de cette période, et qui se manifestent plus nettement encore sur l'image de 1990, sans doute, en raison de l'avancement des travaux : réseau de voirie, organisé réticulairement autour d'un quadrilatère de taille et de forme approximativement équivalentes à une manzana, probablement une place publique.

Aucune trace de végétation n'est décelable dans ce nouveau quartier, hormis le maintien d'une surface qui pourrait correspondre à un espace vert sur l'avenue Zaragoza.

Ce quartier ne figure pas sur les plans du Guia Roji<sup>1</sup> de 1992 ; nous en dressons par conséquent un croquis, tel qu'il apparaît sur l'image satellitaire (voir aussi figure 171) :

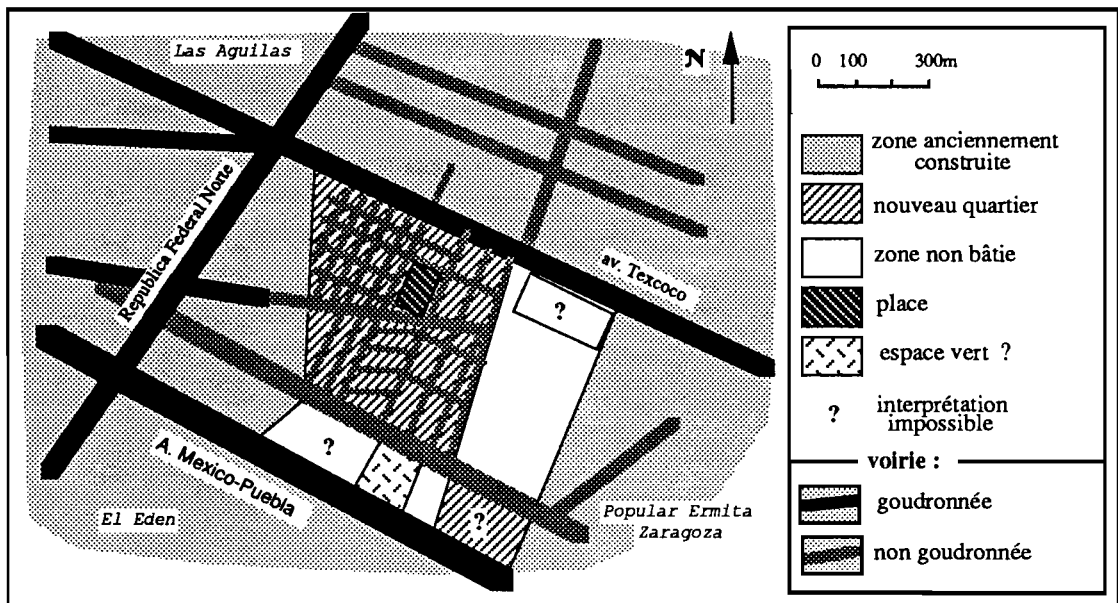


figure 173 : Unidad Habitacional Solidaridad : structures urbaines d'après interprétation de l'image (1990)<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Guia Roji propose pourtant des plans de Mexico parmi les mieux tenus à jour...

<sup>2</sup> Le tracé de la voirie est approximatif.



### 3.2.3. Croissance vers l'est

La limite est de Nezahualcóyotl s'étend sur les dépôts lacustres, encore visibles, du lac asséché, et les objets de moindres réponses radiométriques disparaissent par contraste avec les vastes surfaces à fortes réponses. Celles-ci se maintiennent globalement en 1989, ce qui explique la faiblesse des signaux résultants et, donc, la faiblesse de l'information satellitaire sur un phénomène pourtant d'ampleur. Malgré ces restrictions, il est possible de préciser quelques caractéristiques de la croissance urbaine dans ce secteur.

En 1986, il existait un secteur encore peu, ou irrégulièrement bâti, le long du canal de la Compañia. Les colonies (*Rey Neza, Parque Industrial Nezahualcóyotl, Jardines de San Agustin...*) qui se développent à la fin des années 80, comblent peu à peu le vide maintenu entre Nezahualcóyotl et Chimalhuacán. On remarque en particulier :

- la densification des constructions à *Rey Neza* et *Izcalli Nezahualcóyotl* depuis la colonie *San Agustin* (voir figure 174). Ces changements sont marqués par l'apparition de couleurs plus foncées sur la composition colorée de 1989 ; ces couleurs se rapprochent de celles correspondant aux secteurs de Nezahualcóyotl les plus densément construits. Ces colonies ne semblent cependant pas arrivées à saturation de bâti, en 1990. Le dégagement prévu pour l'aménagement d'un espace récréatif dans la colonie *Izcalli Nezahualcóyotl* semble vide de construction et donc respecté.

On trouvera dans le paragraphe consacré à Chimalhuacán (§3.3) la figure 178 décrivant l'urbanisation du secteur *San Agustin-Las Alamedas*, qui s'étend de part et d'autre du canal de la Compañia. Ce croquis a été établi à partir des secteurs d'image présentés en figure 172, pages précédentes (compositions colorées de 1986, 1989, et 1990).

- la densification et la saturation progressive des colonies *Rincon de los Reyes, Magdalena de los Reyes, Valle de los Reyes...* qui se traduisent sur les compositions colorées initiales par une raréfaction des pixels de couleurs claires en 89, amplifiée en 90, remplacés par des couleurs vertes plus sombres. Ce changement a pour effet d'augmenter le contraste avec les linéaments

qui conservent leurs couleurs de 86 (rues non goudronnées), et donc d'améliorer la perception visuelle de leurs contours. Ces effets contribuent à l'intégration visuelle de ce quartier limitrophe au reste de Nezahualcóyotl, matérialisent ainsi son intégration au domaine urbain.

Hormis une particule de couleur blanche qui traduit l'apparition d'un nouveau bâtiment de grande taille dans la colonie *Parque Industrial Nezahualcóyotl*, aucune autre particule ne se dégage de la texture, spécifique aux zones urbaines et qui caractérise ce secteur.

Les changements observés nous invitent donc à conclure que ces quartiers se développent à l'identique du reste de Nezahualcóyotl, et que leur évolution tend à rapprocher leurs caractéristiques de celles des secteurs consolidés. Les paysages urbains de ce type de quartier ont été décrits lors des travaux de terrain menés dans la zone 4, que la classification a regroupé avec les secteurs parmi les plus urbanisés.

Le croquis ci-après résume les changements survenus à Nezahualcóyotl, tel qu'on peut les mettre en évidence à partir des images SPOT de 1986, 1989 et 1990, et les interpréter à l'aide d'informations exogènes (photographies de terrain).

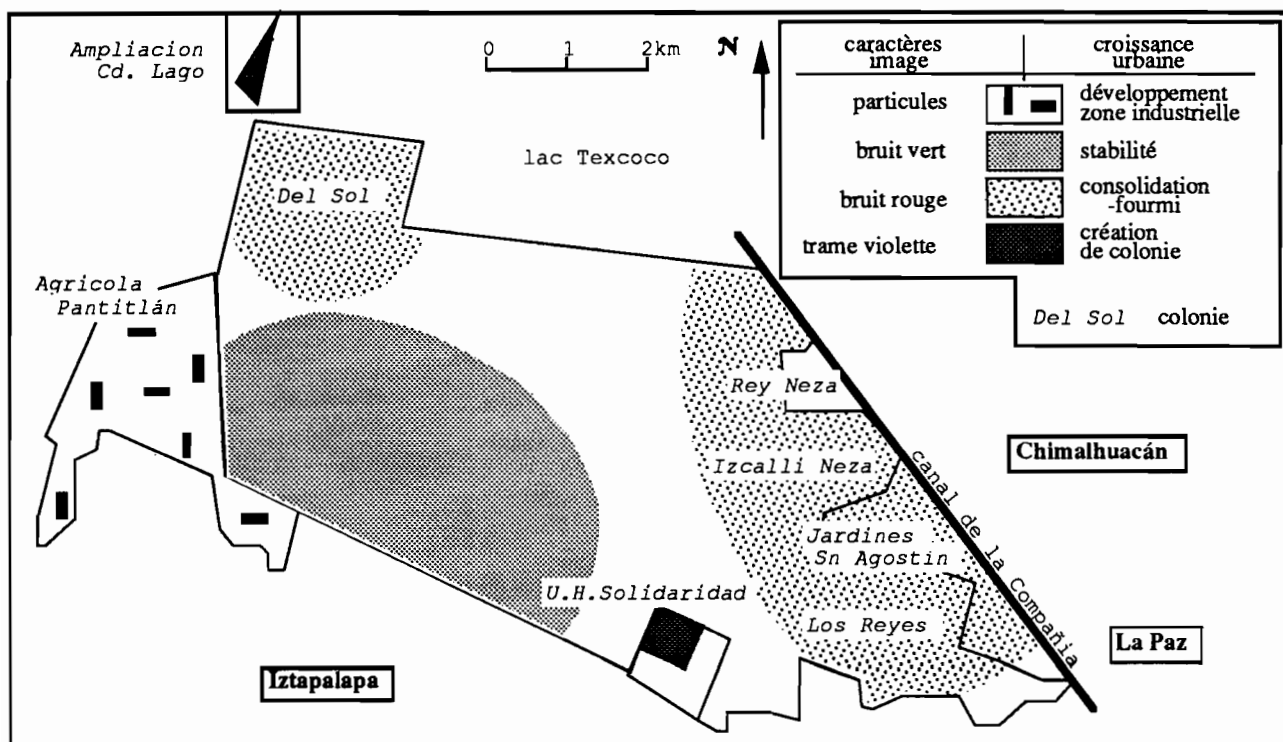


figure 174 : Croquis récapitulatif des changements survenus à Nezahualcóyotl entre 1986 et 1990

### 3.3. Chimalhuacán

L'urbanisation de Chimalhuacán se présente sous deux formes :

- la conquête de nouveaux territoires autour du cerro ;
- une densification du bâti dans le tiers nord du *casco urbano*.

Ces modifications dans l'occupation du sol se traduisent par des modifications de texture et de couleurs sur les images de 1989 et 1990 :

- régression des surfaces homogènes, émiettées en un semis de particules dont les couleurs restent en nombre restreint (3 ou 4) ;
- remplacement des couleurs très claires (V255, V223...), par des couleurs moins vives : 191, 155, 154... où le bleu cède en vigueur par rapport au vert, mutation particulièrement nette sur l'image de 1990.

#### 3.3.1. Réduction des poches non-urbanisées

L'extension urbaine récente qui contourne le cerro Chimalhuacán a laissé se maintenir des discontinuités dans le tissu urbain, des *hiatus* non-bâtis à l'échelle d'une ou plusieurs colonies. Deux d'entre eux, *Almontila* et *San Agustín-Las Alamedas*, sont sur le point d'être comblés.

- réduction de la poche *Almontila* : cette rupture du tissu urbain coupait en deux le *casco urbano*, et isolait la partie nord-ouest et nord du sud-ouest, comme on peut le constater dans la en haut de la figure 176, page suivante. Les transformations liées à l'urbanisation des colonies *Almontila, Barrio Orfebres, Nueva Guadalupe...* sont clairement visibles sur la composition colorée opposée des différences radiométriques, ce qui s'explique par un affaiblissement des réponses de ce secteur dans l'image de 89 (voir ci-après, § 3.3.2).

Sur les compositions colorées instantanées, l'urbanisation se traduit par la rupture de la surface homogène présente en 1986, et le développement d'une texture irrégulière en 1989 que l'on

1986

figure 176



1989

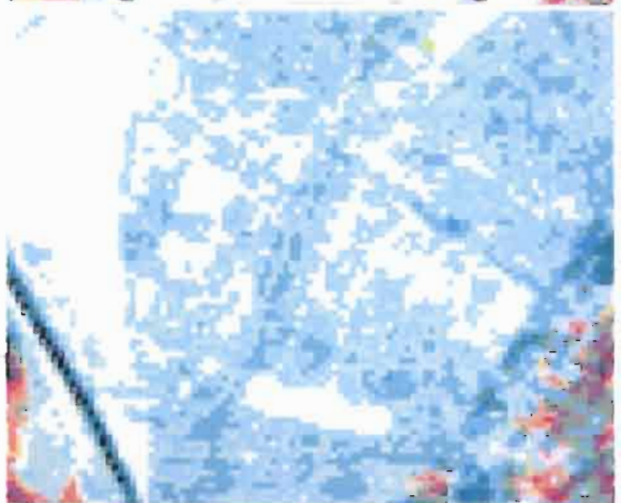
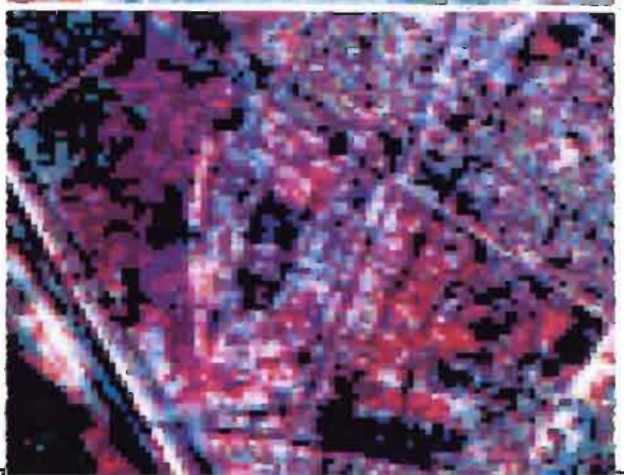


image diachronique  
CC(1986 - 1989)



échelle

0 100 500 m

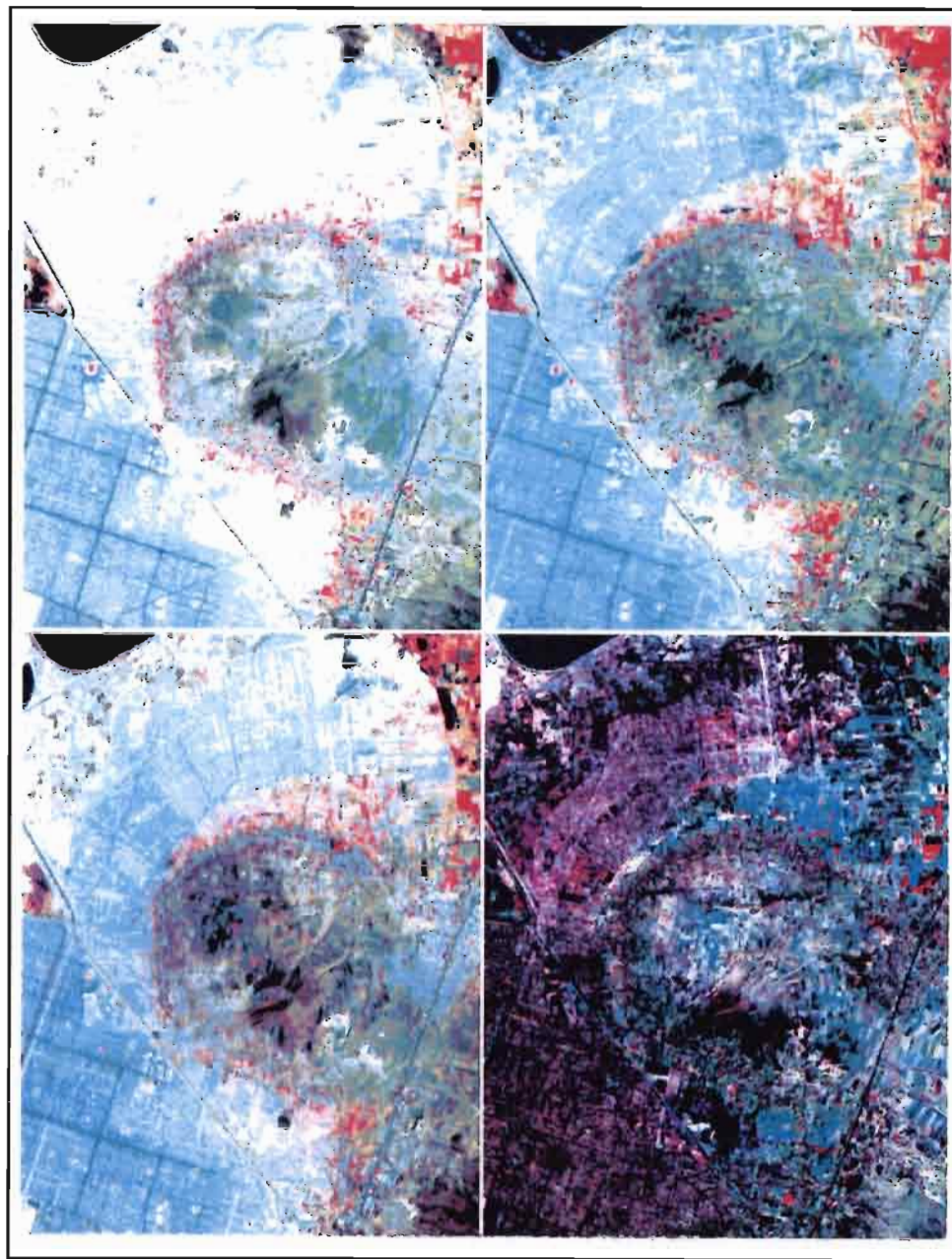


figure 177

1986	1989
1990	CC 86-89

échelle

0 0,5 1 2 km

- réduction de la poche *San Agustín-Las Alamedas* : les modifications de l'occupation du sol les plus marquées se localisent aux confins de Nezahualcóyotl, de Chimalhuacán et La Páz, sur le *no man's land* maintenu à l'écart des invasions du sol. Sur l'image de 1986, la zone non bâtie, ou dont la densité de constructions est trop faible pour être captée, est marquée par un quadrilatère d'environ 2 x 1km qui s'étend de part et d'autre du canal de la Compañía. Cette zone est repérable sur l'image par ses larges surfaces homogènes à réponses radiométriques élevées.

En 1989, la surface inoccupée s'est rétrécie par l'avancée du bâti qui converge des quatre directions vers le centre du quadrilatère, et comble peu à peu le "vide" :

- l'ouest, le bâti de la colonie *Jardines de San Agustín* occupe majoritairement l'espace, et ne laisse que quelques lambeaux de terrain libre ;
- au sud, *Ampliación San Sebastian* correspond à l'expansion de la colonie *El Salado* ;
- *Las Alamedas*, à l'est, qui reste parmi les moins concernées par cette expansion ;
- *Miramar*, au nord, boucle l'encerclement, sans développer toutefois un tissu très homogène.

En 1990, la presque totalité de l'espace semble touché par l'urbanisation : les deux lèvres de *Miramar* et de *San Sebastian* se referment sur *Las Alamedas*. La tache blanche et bleu clair a disparu, et la composition colorée instantanée de cette date ne présente plus que des couleurs qui tendent à se confondre avec les masses correspondant à Nezahualcóyotl et Chimalhuacán.

Le schéma ci-après montre la progression convergente du bâti ; il résume les illustrations de la figure 172, du § 3.2 :

L'examen de la texture de l'image, sur les canaux bruts, la comparaison des couleurs entre plusieurs secteurs sur une même image et d'un même secteur entre plusieurs dates... montre que le développement du bâti procède de manière dispersée. D'après l'assombrissement des couleurs sur les images, on observe en effet :

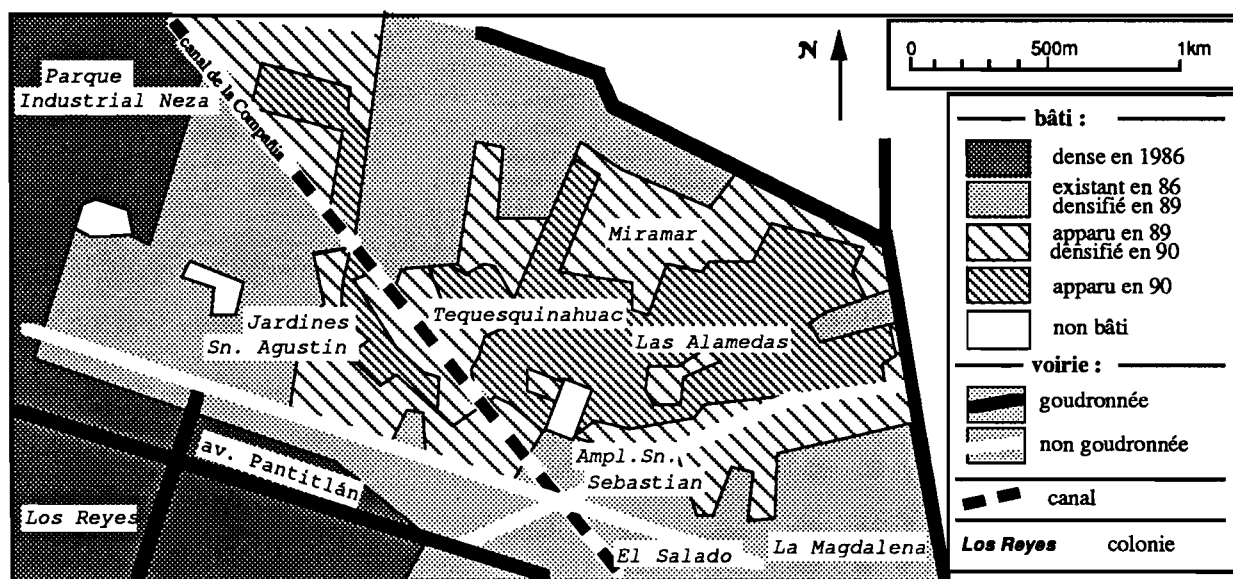


figure 178 : Urbanisation du secteur San Agustín-Las Alamedas, d'après les images de 1986, 1989 et 1990.

- en 1989 : des avancées par groupements de constructions à l'extension spatiale très limitée, séparés par un bâti plus relâché, ou une propagation du bâti le long d'axes en place : le canal de la Compañía et la route qui le longe, la rue Rio San Joaquin ;
- en 1990 : la consolidation des avancées qui constituent des blocs de bâti denses, et le comblement des interstices par un bâti dont la densité croît également.

Les modifications enregistrées sur les images correspondent à un développement urbain sur une surface 200 hectares.

La mission de terrain de mars 92 confirme que le quartier s'est fortement construit, même si à *Las Alamedas*, certains pâtés de maisons demeurent séparés les uns des autres par des terrains vagues de taille semblable à celle des manzanas.

### 3.3.2. Consolidation dans un périmètre fixe

L'étude de la croissance urbaine du secteur nord de Chimalhuacán, le *casco urbano*, appelle quelques remarques préalables sur les changements observables sur l'image.

L'apparition sur les images de 89 et 90 de couleurs plus sombres peut avoir une cause pédologique liée à une diminution de la quantité de sel à la surface du sol, à la suite des pluies. En effet, une partie du sel superficiel est lavée avec l'écoulement des eaux, tandis qu'une autre partie est entraînée dans les profondeurs du sol par les infiltrations<sup>1</sup>. Par ailleurs, la poussière saline est encore limitée en décembre, et les surfaces anciennement poussiéreuses ont été partiellement nettoyées par la pluie.

Il semble néanmoins que les modifications observables sur l'image soient liées davantage à l'urbanisation, qu'à des modifications pédologiques locales, comme on peut en juger par la figure 177. Plusieurs constatations viennent étayer cette explication :

- la présence des composés verts rapproche ce secteur de ceux qui correspondent à des quartiers urbanisés : les couleurs vertes de la composition colorée apparaissant alors comme des indicateurs urbains marquant la présence d'un bâti à partir d'une certaine densité<sup>2</sup> ;
- la fragmentation des surfaces homogènes initiales, qui apparaît sur l'image diachronique des entropies, engendre une texture semblable à celle dûment reconnue comme représentant le milieu urbain, ce que n'expliquerait pas une modification pédologique ;
- l'urbanisation de quartiers comme l'*U.H.Solidaridad*, *Almontila*, etc... (voir ci-dessus) se traduit par les mêmes caractères de couleur et de texture sur les compositions colorées initiales et celles des différences radiométriques ;
- les secteurs naturels maintenus sur un substrat de même nature, au nord, ne présentent pas, ou peu, de couleurs comparables à celles du secteur étudié ;
- sur les trois images, il existe une progression spatiale continue des couleurs correspondant au domaine urbain.

Les changements observés sur l'image dans ce secteur sont donc plus probablement dûs au développement de l'urbanisation, qu'à des causes pédologiques, même si celles-ci amplifient le

---

<sup>1</sup> Rappelons que l'image de 1986 présente l'état de ce même sol en mars, fin de saison sèche, époque de l'année où le sel est remonté à la surface.

<sup>2</sup> Ce caractère est couramment observé par les utilisateurs de compositions colorées des milieux urbains.

phénomène décrit (la diminution de la quantité de sel en fin de saison des pluies coïncide avec l'augmentation des surfaces construites).

Voyons à quels changements urbains, cette information correspond...

Les deux secteurs de Chimalhuacán qui correspondent aux régions R1 et R2 de notre zonage, s'opposent quant à l'ampleur des transformations enregistrées sur les images SPOT :

- au sud-est (R2), les changements apparaissent plus discrets : une consolidation-fourmis, du type de celle décrite à l'est de Nezahualcóyotl ;
- au contraire, au nord-ouest et nord du *casco urbano* (R1) apparaît marquée par les plus forts changements de Chimalhuacán. La composition colorée des différences radiométriques confirme le développement de l'urbanisation, uniforme dans sa nature, mais disparate dans son ampleur : la texture et la couleur violette constantes sont renforcées par endroits. L'image des différences d'écart-type conforte la constatation d'une évolution, en mettant en évidence la fragmentation des surfaces homogènes dans les secteurs correspondant aux colonies *Barrio Talabarteros/Barrio Jicareros*. Celles-ci, ainsi que le secteur *Barrio Pescadores, Punta La Zanja*, à la limite orientale de la zone urbanisée, semblent en effet avoir connu une urbanisation plus soutenue par rapport au reste du *casco urbano*.

Le tableau ci-après, établi à partir de l'enquête terrain montre bien que la zone Z26 (nord-ouest du *casco urbano*) était plus avancée dans le processus de consolidation, en 1990, que la zone Z3 (nord-est) :

*tableau 39 : Caractéristiques du bâti dans les zones 3 et 26 (Chimalhuacán, mai 90).*

zones	<i>procel</i> (%)	toits carton(%)	toits éternit(%)	toits durs (%)
26	38	30	16	54
3	27	18	26	46

Ce retard explique que le dynamisme de l'extrémité du *casco* soit davantage perceptible sur les images de 89 et 90 : davantage d'espace bâti et consolidé que dans la Région 2, au cours de la seconde moitié des années 80...



Ce secteur de l'image de 86 ne portait guère que les traces de la dégradation du sol liée aux activités développées dans le nouveau Chimalhuacán. L'image de 89 présente les caractères directs de l'urbanisation, et celle de 90 montre l'affirmation des structures urbaines : alignements de couleurs semblables selon une organisation qui correspond à celle de la voirie (voir chapitre 6, § 3.3).

### 3.3.3. Le front urbain de l'est

Cette zone sensible qui s'étend à l'extrémité est du *casco urbano*, constitue en effet une proie facile pour d'éventuels *paracaidistas* qui projettent, par exemple, de s'établir le long de la route de Texcoco. Une partie de ces terres est cultivée (voir croquis ci-après), mais il existe une zone-tampon entre les secteurs reconnus urbanisés du *casco urbano*, et les parcelles agricoles.

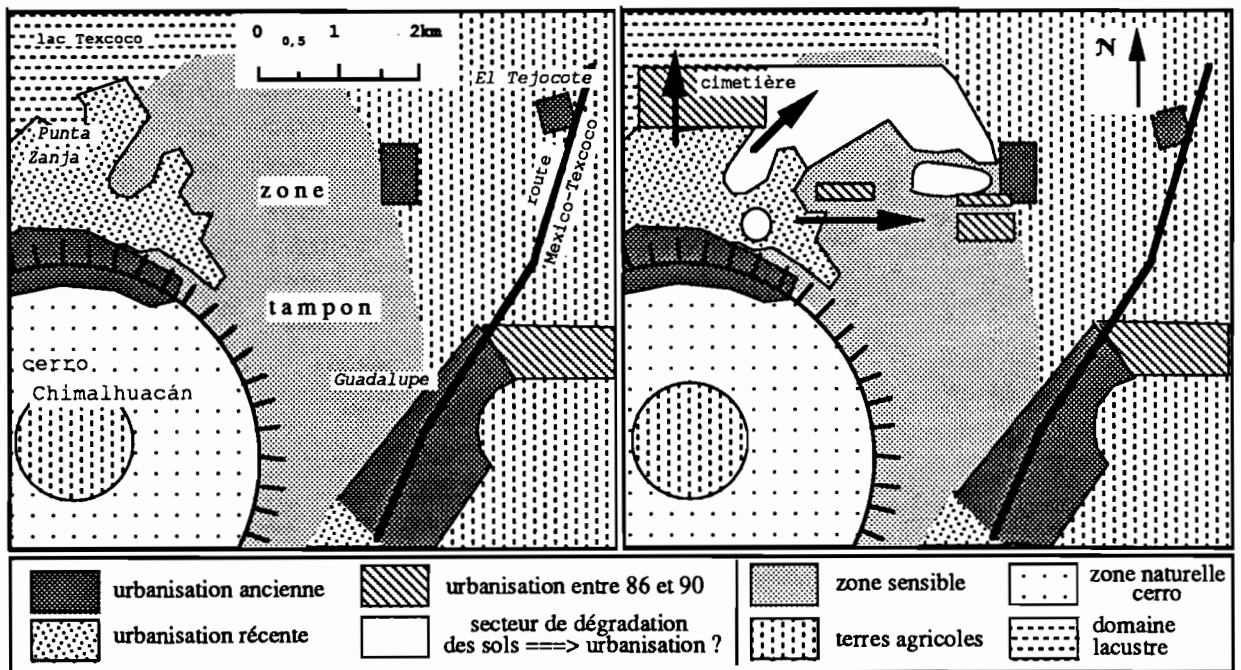


figure 179 : Front urbain au nord-est de Chimalhuacán.

La situation reste confuse sur les images : le sol salin, les terres cultivées, les secteurs urbanisés, la possible dégradation des sols due à l'activité... créent de forts contrastes locaux

qui gênent l'analyse par données satellitaires. L'urbanisation éventuelle des terres agricoles ne peut donc pas être mise en évidence de manière nette.

L'image de 1989 ne rapporte pas de changements flagrants en direction de l'est. En effet, la composition colorée diachronique des radiométries ne laisse apparaître que quelques éléments de surface rectangulaires à dominante bleue, à la fois trop longs et trop étroits pour correspondre à des bâtiments. La différence des textures ne nous fournit guère d'indication plus précise et exploitable sur une éventuelle modification de la texture d'image entre les deux dates. Ces constatations nous conduiraient à conclure qu'il n'y a pas de mouvements urbains dans ce secteur...

De meilleure qualité, l'image de 1990 remet en cause cette conclusion. Deux indices montrent en effet que quelques changements se sont produits, et que d'autres, d'importance, se préparent peut-être à cette date. On observe en effet :

- des changements très localisés, de couleurs et de texture, dans la zone-tampon, qui correspondent, en localisation et en forme, à des parcelles agricoles de 1986, changements qui pourraient indiquer que certaines de ces parcelles ont cédé à l'urbanisation. En effet, les fronts urbains en progression sur des zones agricoles provoquent parfois l'urbanisation anticipée de parcelles éloignées de la continuité urbaine (voir §3.10 de ce chapitre : *Chalco*) ;
- l'apparition de taches blanches de vaste extension sur la composition colorée instantanée de 1990, manifestation qui pourrait correspondre à la dégradation du sol liée à un regain des activités humaines dans ce secteur (urbanisation occulte). Ce phénomène a été décrit pour le quartier de *Punta La Zanja* dans le commentaire de la composition colorée (chapitre 6).

L'information recueillie reste ici très liée à la qualité des données : les changements observés peuvent être dûs à leur différence de qualité, et aux déformations introduites par les divers recalages. Rappelons également que l'information satellitaire peut être notablement influencée, en milieu urbain, par la para-urbanisation qui grossit les effets de l'urbanisation (cas des sols dégradés), alors qu'au contraire, il peut exister une urbanisation occulte non directement visible sur l'image (cas des changements ponctuels et dispersés).

Il existe cependant des secteurs de développement urbain plus net :

- au nord de la *Punta La Zanja*, où les images mettent en évidence une progression de la limite urbaine vers le nord. Cette avancée offre un front de 1km, mais reste limitée à une profondeur de 200 ou 300 mètres ;

- à l'est, où l'on observe quelques changements, marqués sur les images par un renforcement des caractères urbains existant en filigrane en 1986 autour de Guadalupe :

- des extensions au nord-est et au sud-ouest,

- environ 40 hectares en voie d'urbanisation.

Cette urbanisation s'accompagne du traçage de nouvelles voies de communication, et peut-être de l'établissement d'une zone industrielle, dont on pourra localiser les emplacements dans le croquis ci-après :

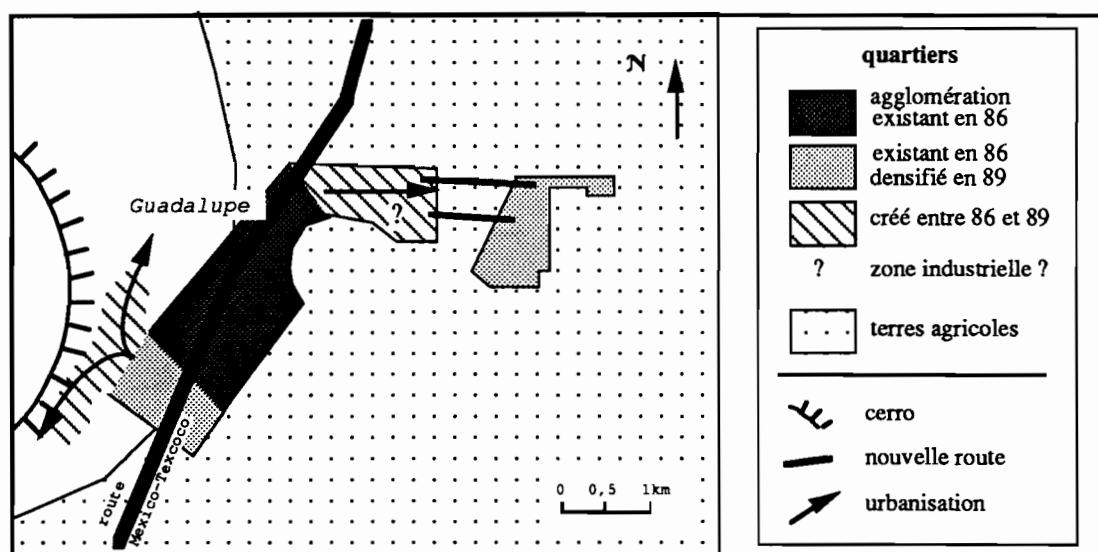


figure 180 : Croissance urbaine de Guadalupe (Chimalhuacán est).

Les hameaux et villages situés le long de la route Mexico-Texcoco ne semblent pas affectés par une croissance urbaine, ni par un recul de l'activité agricole.

Les transformations liées à l'urbanisation de Chimalhuacán peuvent se résumer par la figure 181 :

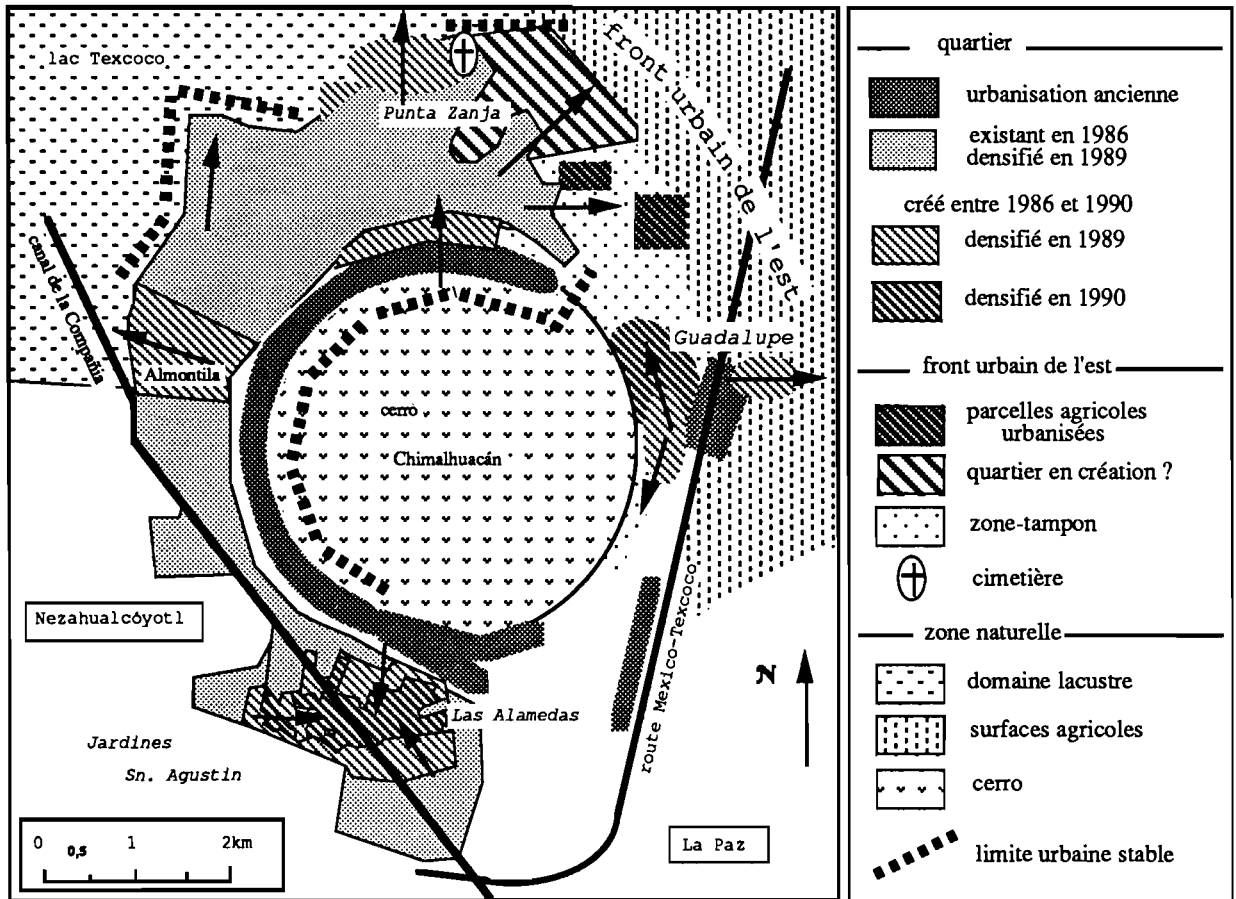


figure 181 : Croquis récapitulatif des changements survenus à Chimalhuacán entre 1986 et 1990.

### 3.4. Iztapalapa

La composition colorée de 1986 présente une distribution spatiale irrégulière des couleurs, caractère qui traduit des solutions de continuité dans le tissu urbain. Nous avons vu, chapitre 6, que ces lacunes apparaissaient sous diverses formes (terres inoccupées, bâti relâché...) en particulier dans la partie nord de la délégation. Le développement urbain d'Iztapalapa, détectable par satellite, se caractérise par le renforcement du tissu urbain, dans les quartiers existant en 1986, aussi bien dans les marches du domaine urbanisé.

#### 3.4.1. Respect relatif et affermissement des limites urbaines

Sur l'image de 1986, la limite des quartiers urbains ne se dégage pas nettement sur les piémonts nord et ouest, qui joignent le cerro Tehualki au volcan de La Caldera<sup>1</sup>. La zone de contact

<sup>1</sup> Le secteur des piémonts est inclus dans la région R8.

urbain/relief présente un "flou" sur l'image lié à la dissipation progressive du bâti vers les hauteurs. En 1989 et 1990<sup>1</sup>, les taches de couleurs qui figurent les secteurs construits, se sont elles-mêmes densifiées, et se prolongent jusqu'aux secteurs sombres correspondant au relief, ainsi délimitées de manière plus nette.

De nombreuses colonies limitrophes, de *U.H.Lomas de San Lorenzo* à *Ampliación E.Zapata*, distribuées sur près de 8 km de piémont, se sont en effet urbanisées au cours de ces quatre années (voir figure 182). On constate que cette urbanisation se caractérise davantage par une densification du bâti, plutôt que par de nouvelles extensions au-delà des limites de 1986.

Quelques colonies semblent cependant faire exception et franchir, de manière assez nette, les limites urbaines visibles sur l'image en 1986, selon des axes orientés nord-ouest/sud-est :

- *La Estación*<sup>2</sup> se développe en direction de *La Polvorilla*, entre les volcans Yuhualixqui et Xaltepec ;
- *U.H.Infonavit Tejocote* continue par *Degollado*, au pied du volcan Xaltepec ;
- *Buenavista* se prolonge par *San Jose Buenavista*, puis par *Desarrollo Urbano Quetzalcoatl*, entre les volcans Xaltepec et Tetecon ;
- *Miravalle* se densifie, davantage peut-être qu'il n'avance, sur le piémont du Guadalupe...

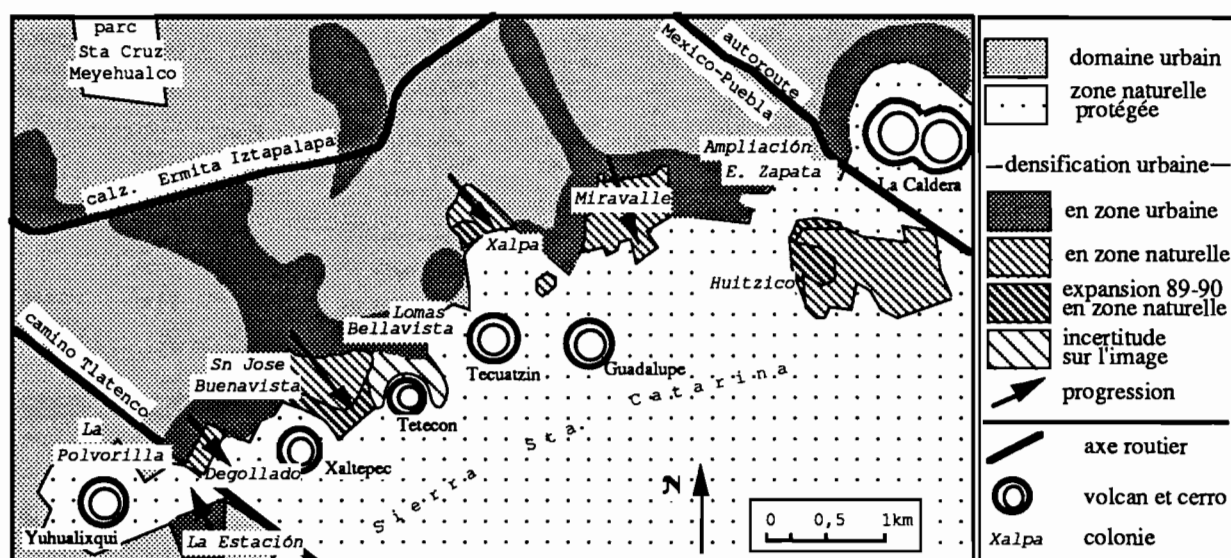


figure 182 : L'urbanisation sur les piémonts des cerros, Iztapalapa est.

<sup>1</sup> Délégation couverte dans sa partie orientale par l'image de 1990.

<sup>2</sup> *La Estación* dépend administrativement de Tláhuac, mais son expansion se situe à la limite de cette délégation avec Iztapalapa, et relève davantage de la dynamique de cette dernière.

La figure ci-dessus permet de localiser et de suivre les mouvements urbains.

Si tous les cas de progression ne sont, sans doute, pas visibles sur l'image, les exemples ci-dessus montrent cependant la persistance d'un front urbain actif dans cette partie de l'agglomération. L'examen de la croissance et du Plan d'occupation du sol du District Fédéral, révèle que les extensions récentes entrent en contact direct avec les limites prévues pour le maintien des *Aires de Conservation Ecologique* et des activités forestières et rurales. Le recalage et la superposition des contours spécifiés par le Plan sur l'image SPOT, nous enseignent que le développement de ces colonies limitrophes respecte dans son ensemble les limites de la croissance urbaine imposées par le Plan.

On fera cependant deux réserves :

- l'éventuelle menace que représente la croissance de *La Estación-La Polvorilla* (59 hectares) pour l'espace vert aménagé sur le volcan Yuhualixqui. Si cette observation reste peu claire sur les images SPOT et demande confirmation, elle appelle en tout cas une surveillance particulière de ce secteur.
- les cas particuliers, prévus par le Plan, de développement de quartiers à l'intérieur des zones protégées : *Degollado* (13 ha), *Lomas de Bellavista* (10 ha), *Xalpa-Potrero de la Luna* (29 ha), *Miravalle* (60 ha) et le groupe *Huitzico-Apoloculco* (97 ha). Ces quartiers de petite taille existaient par mitage du domaine rural avant l'élaboration du Plan qui les a déclarés *zones de développement contrôlé* (ZEDEC<sup>1</sup>) de façon à contrôler leur croissance et le type d'urbanisation (résidences, petites entreprises...). On constate qu'ils se développent dans des aires de conservation agricole ou forestière, surtout semble-t-il, par densification du noyau urbain existant, plutôt que par expansion.

Ces secteurs en développement mis en évidence à partir des images sont compatibles avec le Plan. Bien qu'à l'intérieur d'une ZEDEC, le développement des colonies situées hors zone urbanisable devrait faire l'objet, à l'avenir, d'une attention particulière afin de veiller au respect

---

<sup>1</sup> La ZEDEC requiert des autorisations spéciales pour la construction et l'établissement de petites et moyennes entreprises. Elle équivaut, en France, à une Zone d'Aménagement Concerté (ZAC).

des limites de ces zones contrôlées, et à mesurer l'impact de l'urbanisation sur l'environnement "extramuros" immédiat.

### 3.4.2. Des zones naturelles protégées soumises à l'urbanisation ?

Les cas évoqués ci-dessus sont repérables sur les compositions colorées initiales, mais moins nettement sur les images diachroniques : le contraste d'un sol sombre semi-bâti avec un sol construit reste assez faible. Par endroit, les images ne donnent qu'une information imprécise ; c'est le cas notamment du secteur correspondant aux colonies *Las Lomas Bellavista*, une vingtaine d'hectares du piémont nord du Tetecon, de *San Jose Buenavista* prolongé par environ 51 ha de *Desarollo Urbano Quetzalcoatl*, piémont nord-est de Xaltepec, et de *Huitzico*. Ces éléments situés à l'intérieur de zones naturelles protégées n'appartiennent pas tous à des ZEDEC, ou sembleraient s'étendre à l'extérieur des limites admises par le Plan. L'image de décembre 90 présente en effet des changements de couleurs et de texture faibles, certes, mais suffisants pour envisager l'éventualité d'une urbanisation discrète sur le terrain...

La situation de *D. U. Quetzalcoatl* et de *L. L. Bellavista* amène à penser que l'urbanisation pourrait évoluer vers un encerclement des deux volcans :

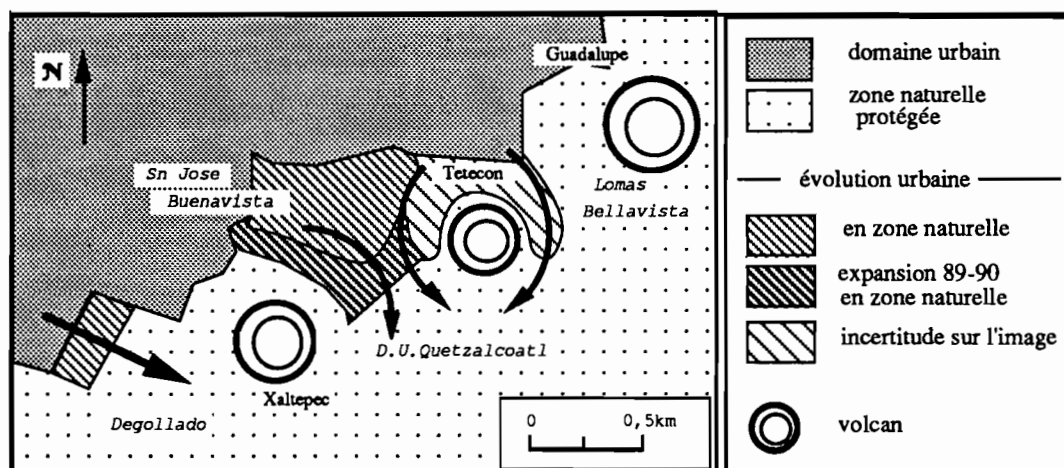


figure 183 : Evolution dans le secteur du Tetecon.

### 3.4.3. Croissance intérieure

La croissance d'Iztapalapa a laissé libre de toute construction un vaste territoire situé entre Nezahualcoyótl et le cerro de la Estrella. A l'instar de la poche *San Agustín-Las Alamedas* (voir ci-dessus § 3.3.1), ce vide se comble peu à peu à partir de sa circonférence, en particulier au nord et à l'ouest, par des Unités Habitationnelles, et au sud-est par le quartier *Ejidal Santa María Aztahuacan* apparu dans les années 70 (voir plus loin figure 185).

L'image diachronique directe des radiométries permet de mettre en évidence de nets changements qui traduisent le grand dynamisme de ces secteurs :

- le secteur de l'image correspondant à *Ejidal Sta M. Aztahuacan* (figure 184) se distingue par une trame composée de particules et structurée par des linéaments d'orientation nord-sud<sup>1</sup>. Nous pouvons en déduire que ce quartier à vocation mixte résidentielle/activités économiques a connu le développement d'un bâti de taille suffisante pour être individualisable sur l'image (particules), ainsi que des travaux d'équipement liés à la voirie (linéaments au nombre d'une dizaine) : aplanissement, pré-revêtement des rues (sable importé)...
- l'extrémité septentrionale de ce quartier s'est prolongée entre 1986 et 1989 par un secteur d'une surface de 72 ha, que l'on peut supposer de même type, puisqu'il se caractérise sur l'image par une structure identique, en continuité avec la première : couleurs, particules, linéaments (voir plus loin extractions d'image en figure 187)...
- l'*Unidad Habitacional Cabeza de Juárez* n'existait pas en 1986 ; ces habitations collectives apparaissent à la fin des années 80 entre l'*U.H. Ejercito de Oriente*, au nord, et *Ejidal Sta M. Aztahuacan* au sud. Ce sont les chantiers de construction de cette cité qui apparaissent sur l'image de 89 ;

---

<sup>1</sup> Ce secteur appartient à la Region 35, représentée par la zone 2 dans l'enquête de terrain.



• la colonie *Renovación*<sup>1</sup>, à l'est du parc Cuitláhuac, est à peine discernable sur l'image de 1986 ; elle est au contraire visible sur l'image de 89, par densification et élargissement de la zone bâtie, et par contraste avec les bouleversements survenus dans ce secteur, à l'est et au nord. Ceux-ci sont marqués par un net changement des couleurs : remplacement par des couleurs saturées (bleu clair, blanc...). Ces modifications, très visibles sur l'image diachronique des radiométries, s'expliquent par une dégradation accrue du sol de même origine et de même nature que le sol de Chimalhuacán. Or, nous avons vu que la dégradation du sol à Chimalhuacán, en 1986, était la manifestation d'une urbanisation encore trop diffuse pour être directement détectée.

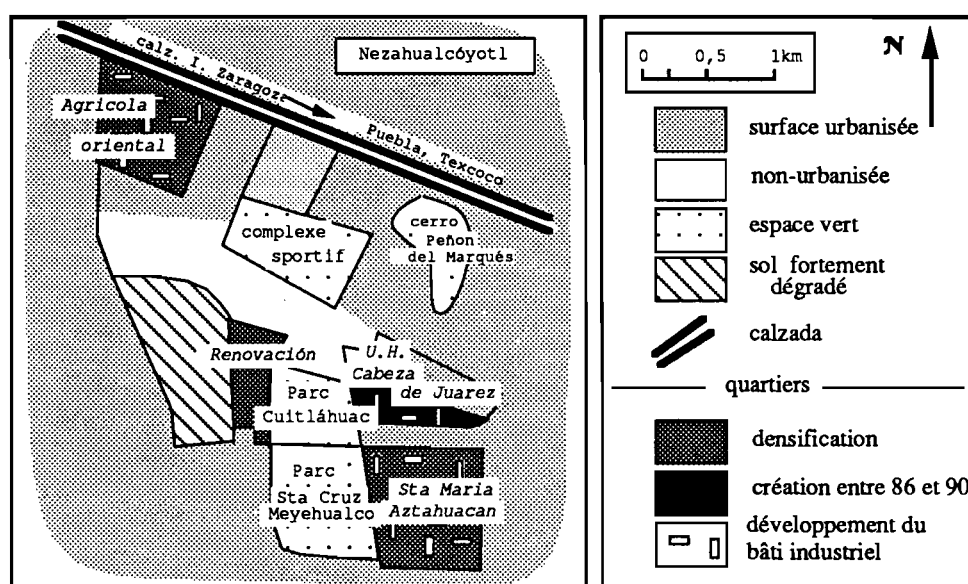


figure 184 : L'urbanisation de Renovación et ses alentours, nord-ouest d'Iztapalapa..

Nous avons pu vérifier que la dégradation du sol, sur une surface d'une soixantaine d'hectares, traduit une recrudescence des activités : passages, travaux, épandages... , une urbanisation occulte, tel que nous l'avons définie dans le chapitre 6. Le mouvement de la région R51 nous est d'ailleurs apparu dans l'analyse diachronique par région (§ 2.2 du chapitre précédent).

L'image de 1990 présente une baisse relative des réponses radiométriques dans ce secteur, et par endroit, une texture correspondant davantage à une surface urbanisée.

<sup>1</sup> colonie créée sur l'ancienne décharge géante de Meyehualco. Cette décharge a été ensevelie et remplacée par celle de La Caldera (voir § 3.5).

Le croquis ci-après reprend les principales transformations observées entre 1986 et 1990. Outre les changements déjà évoqués, on remarquera également le secteur caractérisé par la présence de nombreuses particules sur l'image diachronique directe des radiométries et de leurs contours sur celle des textures. Cette information résultante, semblable à celle relevée pour la région R34 (voir § 3.1), met en évidence les transformations qui se sont produites dans les quartiers situés à l'est du cerro de La Estrella, entre 1986 et 1989. Le développement a suivi les axes de communication importants comme l'avenue Tláhuac, les calzadas San Lorenzo et Ermita-Iztapalapa, ou du canal de Garay.

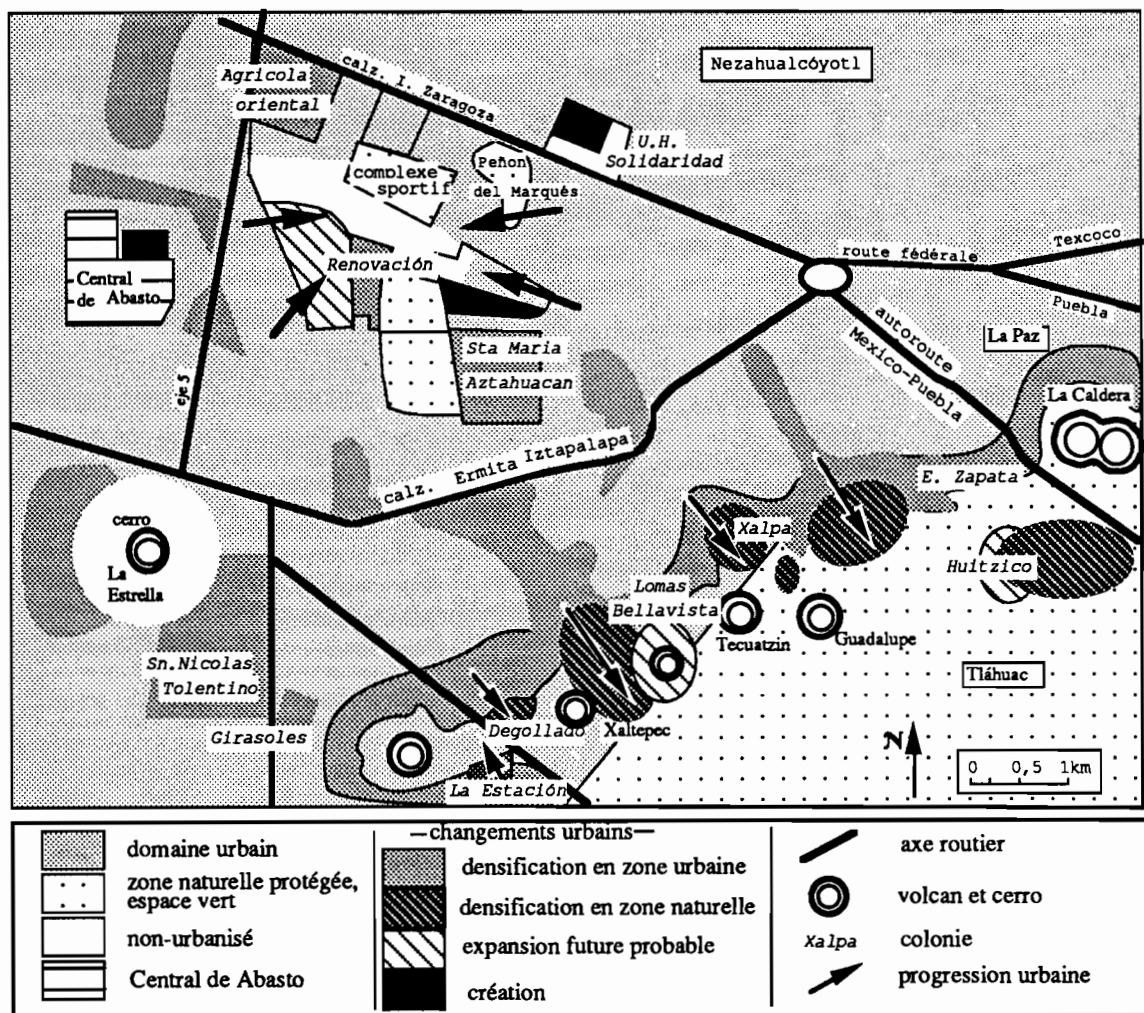


figure 185 : Croquis récapitulatif des changements survenus à Iztapalapa entre 1986 et 1990.

Les changements, représentés sur la figure 188, pages suivantes, concernent deux types d'urbanisation :

- l'industrialisation et l'équipement du sud de la délégation : colonies *Granjas Estrella*, *San*

retrouve sur l'image de 1990 ( au milieu et en bas de la figure 176, page suivante).

L'analyse visuelle montre que les constructions ont progressé depuis le cerro en direction de l'ouest. On peut également remarquer que ce processus était déjà entamé en 1986 et atteignait l'actuelle avenue del Obreroismo. La comparaison des trois images nous permet d'estimer à 150 hectares, la surface urbanisée dans ce secteur. Lors d'une mission sur le terrain en mars 1992, il a été possible de vérifier l'assez forte densité des constructions et la grande majorité de bâti en dur.

Le croquis ci-dessous, figure 175, localise et résume les changements observables.

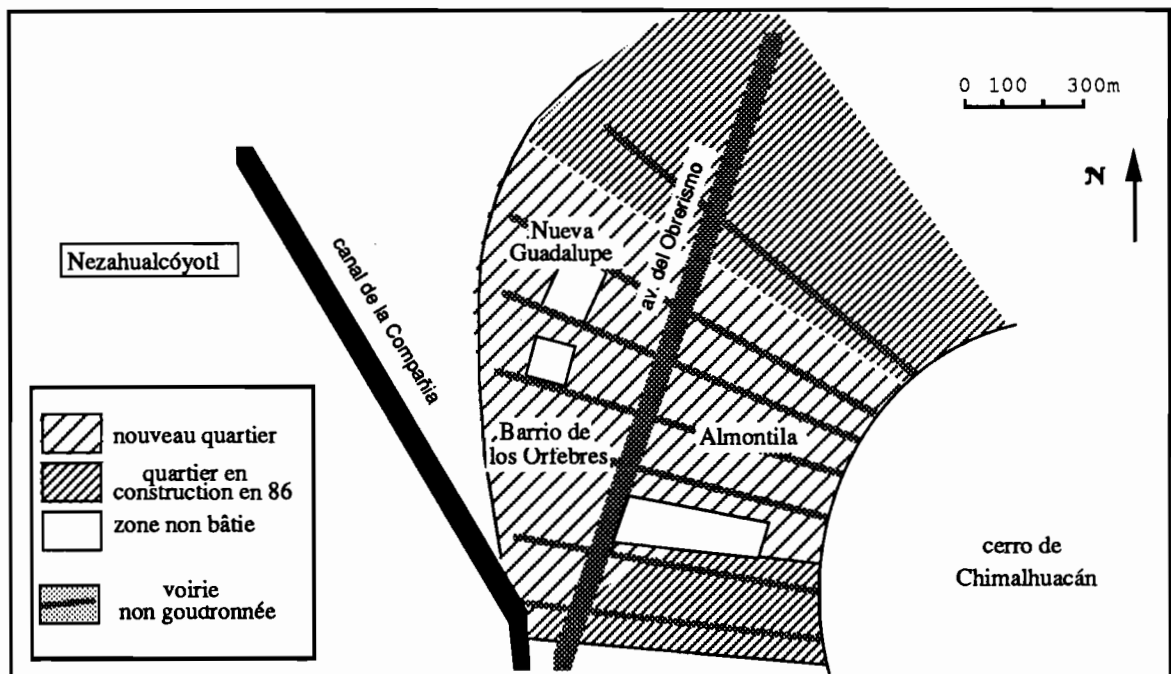


figure 175 : La croissance spatiale du quartier d'Almontila.

figures de la page suivante :

figure 176 : Les changements observables à Almontila sur les compositions colorées de 1986, 1989 et des différences radiométriques.

difcc-177 : L'urbanisation du casco urbano, de 1986 à 1990, compositions colorées et image diachronique.

*Nicolas Tolentino* et le pénitencier *Reclusorio Oriente...* ;

- l'habitat avec la création de l'ensemble *Unidad Habitacional Girasoles* pour le personnel des armées, établi à côté de l'émetteur de la station radio XEX.

Des transformations semblables se sont produites à l'intérieur du périmètre *Central de Abasto* (nouveaux entrepôts), et dans le quartier industriel qui longe le *Central*, à l'est : colonies *Industrial Iztapalapa* à *Unidad Habitacional Cuchilla del Moral*.

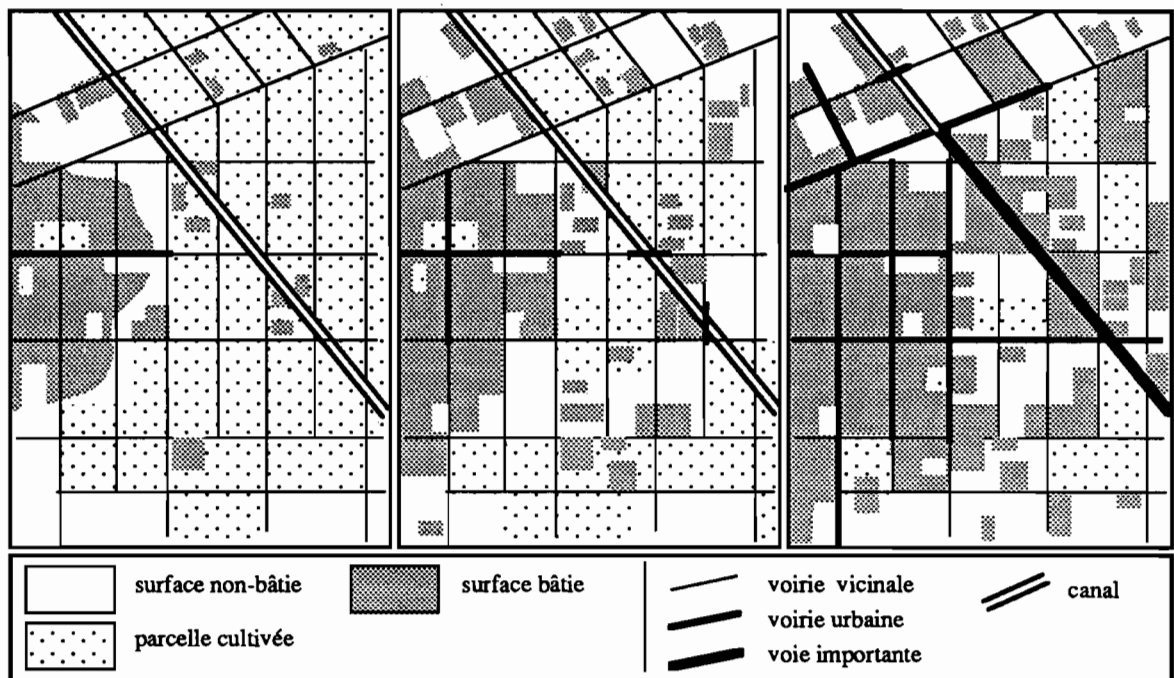
Malgré des différences saisonnières favorables, l'absence d'information diachronique concernant la végétation confirme l'inexistence de ce thème dans les secteurs urbanisés d'Iztapalapa.

### 3.5. La Páz

Ce secteur de faible surface urbanisée présente cependant des changements significatifs dans la Région 7 qui apparaissent sous forme de particules rectangulaires sur la composition colorée des différences radiométriques. Les changements observés sont analogues à ceux rencontrés dans le Centre (région R34) et à Iztapalapa (voir ci-dessus §3.4.3) ; ils correspondent, en effet, sur le terrain à une augmentation du nombre de bâtiments à vocation industrielle ou agro-industrielle : les *granjas* (zone Z17 de l'enquête), un accroissement de leur taille, ou à des chantiers de construction (20 à 25 particules visibles sur l'image diachronique des radiométries). Les modifications de ce type, qui concernent quelque 400 hectares, suivent les grands axes routiers : routes de Mexico-Puebla, Mexico-Texcoco, avec également le mitage du secteur que nous avons nommé "triangle de La Caldera", compris entre ces deux routes et le canal de la Compañía.

Nous avons vu, paragraphe 3.3.1, que la progression de l'urbanisation issue de Nezahualcóyotl traverse Chimalhuacán et s'avance dans La Páz jusqu'à la route de Texcoco. En 1990, le bâti n'est pas encore continu de Nezahualcoyótl à la route, même si l'espace libre s'amenuise, et se crible de constructions. Il est intéressant de remarquer les similitudes entre

l'organisation de l'espace rural et celle des futurs quartiers. Comme nous l'avons évoqué pour le front est de Chimalhuacán, les terrains agricoles sont vendus ou envahis par parcelles, et les futures manzanas épousent donc les caractéristiques morphologiques de l'ancien parcellaire : emplacement, taille, forme... Le réseau vicinal est adapté en réseau de rues, les anciens canaux transformés en voies de communication terrestre, constatation que nous avons faite à propos des quartiers récents de Chalco, structurés par l'ancien réseau de drainage du lac (voir chapitre 5).



*figure 186 : Exemple de structuration de l'espace urbain à partir de l'organisation du parcellaire antérieur.*

figures de la page suivante :

*figure 187 : Changements aux alentours de la colonie Renovación (compositions colorées de 1986, 1989 et des différences radiométriques).*

*figure 188 : Changements à Iztapalapa au sud-est de La Estrella (compositions colorées de 1986, 1989 et des différences radiométriques).*

*figure 189 : La décharge de la Caldera et le nord de Chalco (compositions colorées de 1986, 1989 et 1990).*

*figure 190 : Urbanisation d'un secteur lacustre : la colonie Villa Centro-americana (Tláhuac).*



figure 187

1986

1989

CC (86-89)

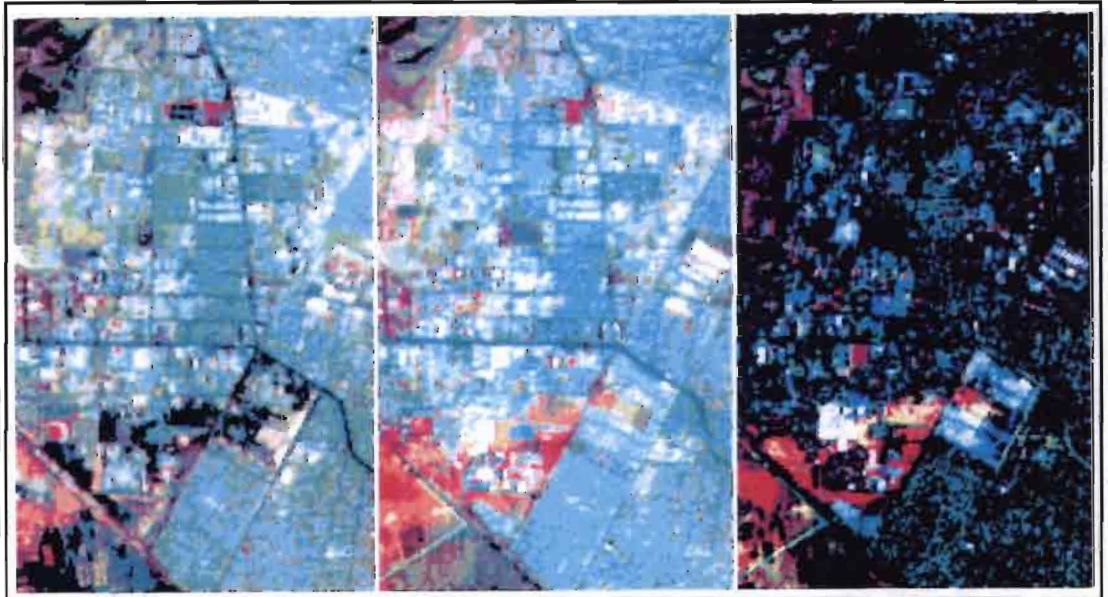
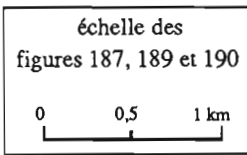
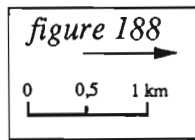


figure 189

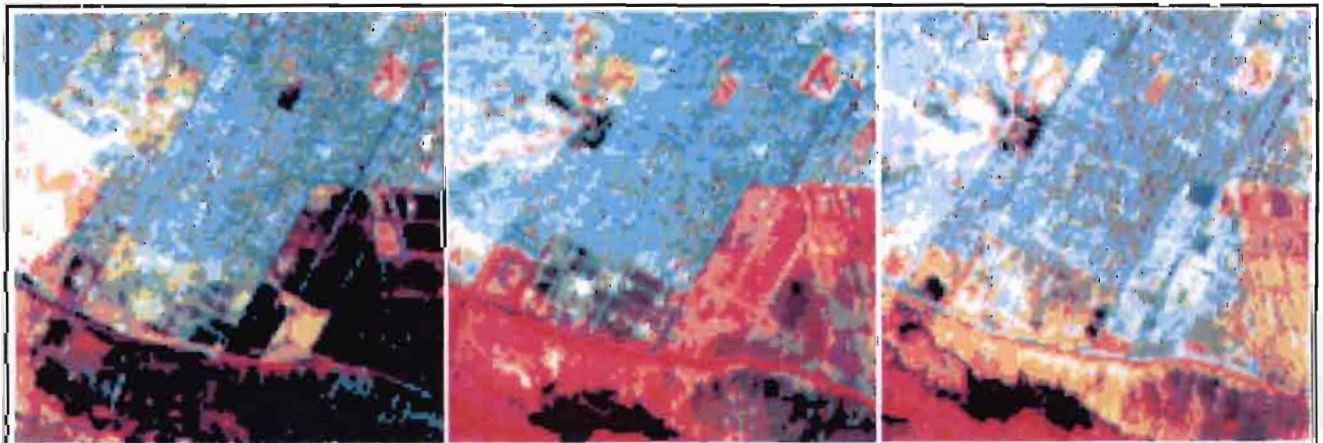


figure 190

1986

1989

1990



Le secteur susceptible de s'urbaniser jusqu'à la route de Texcoco s'étend sur 145 hectares, tandis que subsiste une réserve de terres à bâtir de 230 hectares dans le quart sud-est de l'encerclement du cerro Chimalhuacán.

La colonie *Ejidal El Pino*, installée sur la pente du El Pino, ne semble pas avoir connu de transformation importante au cours des cinq ans, mise à part l'aménagement d'une aire réservée, selon le Plan, à l'établissement d'un futur "centre vécinal"<sup>1</sup>.

Les changements intervenus à La Páz se localisent comme suit :

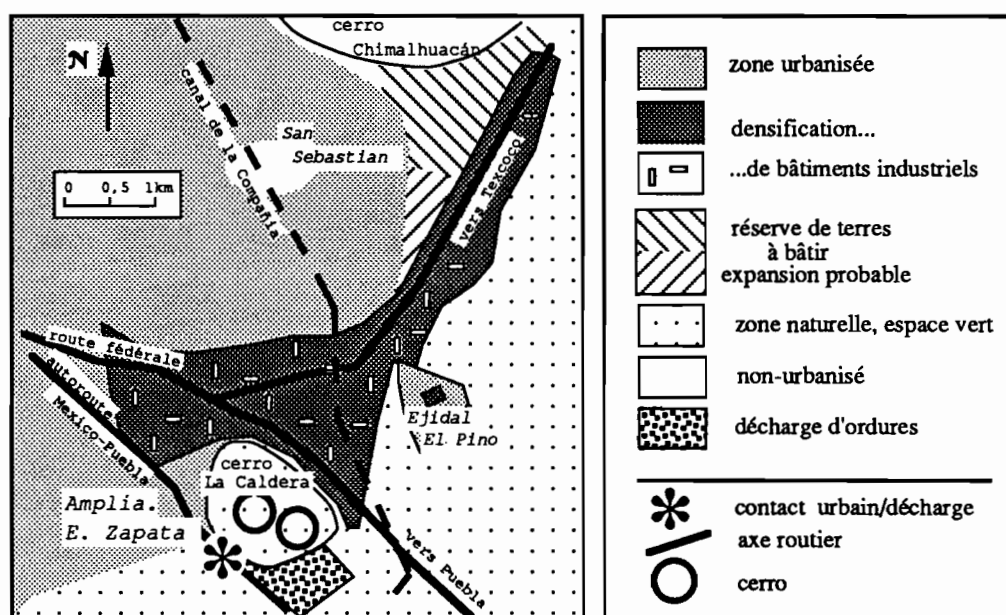


figure 191 : Croquis récapitulatif des changements survenus à La Páz entre 1986 et 1990.

Le croquis ci-dessus permet également d'attirer l'attention sur l'existence d'une vaste décharge publique située au sud du cerro La Caldera.

La mise en service de ce dépôt d'ordures<sup>2</sup> d'une quarantaine d'hectares de superficie, est visible sur l'image de 1986 ; elle semble, sur celles de 1989 et 1990, avoir augmenté son activité ; la figure 189 montre en effet que le secteur apparaît comme un vaste chantier.

<sup>1</sup> *Centro vecinal* : petit centre urbain local assurant les services de base.

<sup>2</sup> Cette décharge remplace celle de Meyehualco, fermée parce que entourée, désormais, de zones habitées.

L'extension de la décharge, en revanche, ne semble pas avoir évolué au cours de ces cinq années.

L'image permet de supposer les arguments qui ont présidé au choix de ce secteur pour y déposer des ordures : non-urbanisé, isolé des zones habitées derrière un relief, proximité des voies de communication, et des secteurs interdits à la construction... On peut toutefois remarquer sur les images que la colonie populaire *Ampliación E. Zapata* s'est développée depuis 1986, et contourne le cerro par l'ouest pour s'avancer, le long de l'autoroute de Puebla, jusqu'à la limite du *basurero*. Par ailleurs, l'évolution de la zone-tampon comprise entre la décharge et le quartier de la pointe nord de Chalco, *San Juan Tlalpizahuac*, est peu claire sur les images : les surfaces homogènes en 1986 semblent se miter d'amas de particules qui pourraient correspondre au développement d'une urbanisation encore ponctuelle en 1990. Ces constructions constitueraient donc un front urbain se propageant en direction de la décharge publique.

Dans la mesure où il continuerait de se développer vers le nord-est, le quartier *Huitzico-Apoloculco* (voir § 3.4 sur Iztapalapa) entrerait en contact avec le dépôt d'ordures, en particulier la colonie *Miguel de la Madrid* qui est, comme son nom l'indique<sup>1</sup>, une extension récente.

Le croquis ci-dessous résume la situation :

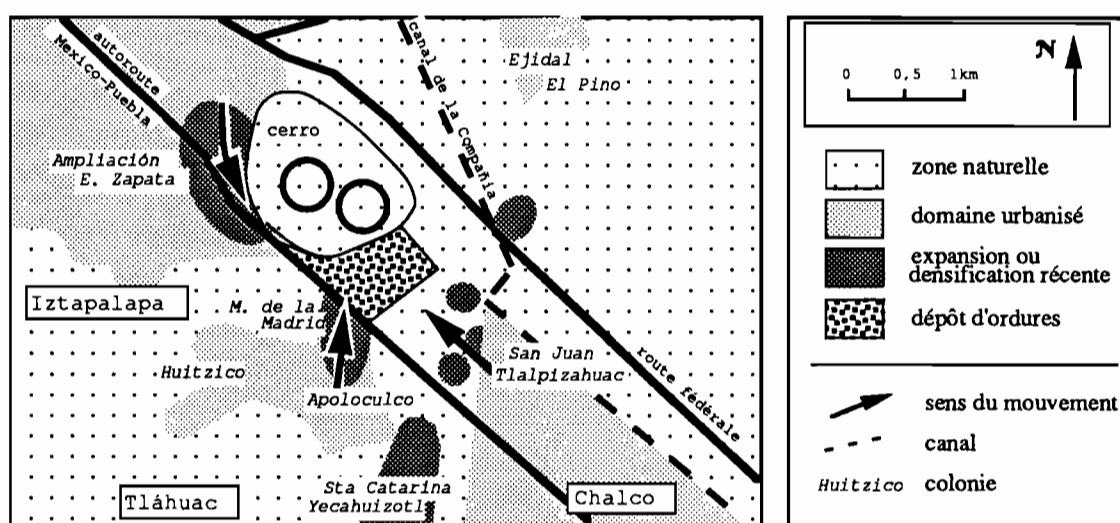


figure 192 : Situation de la décharge de La Caldera, et évolution du secteur urbain environnant entre 1986 et 1990.

<sup>1</sup> Miguel de la Madrid a été président du Mexique de 1983 à 1988.



On notera que les décharges d'ordures génèrent une intense activité et entraînent l'établissement de campements de *pepenadores* à l'intérieur et autour des dépôts. Ces établissements et les activités qui s'y déroulent, influencent en partie les mesures satellitaires.

### 3.6. Ixtapaluca

Le municpe d'Ixtapaluca présente un secteur de fort développement urbain entre 1986 et 1990, localisé entre la route fédérale au nord et l'autoroute au sud, toutes deux voies rapides à destination de Puebla. Une demi-douzaine de colonies entourent le cerro El Elefante sur une surface plane d'environ 515 hectares. L'analyse de la composition colorée initiale de 1986 nous a amené à constater la présence d'un bâti dans ce secteur, dont la densité était variable, selon les emplacements des manzanas. En 1986, l'essentiel du bâti était localisé dans la délégation *Emiliano Zapata*, au nord-ouest, tandis que les abords immédiats du cerro se caractérisaient par un tissu urbain très relâché, avec de larges lacunes, comme le montre la figure 193 ci-après :

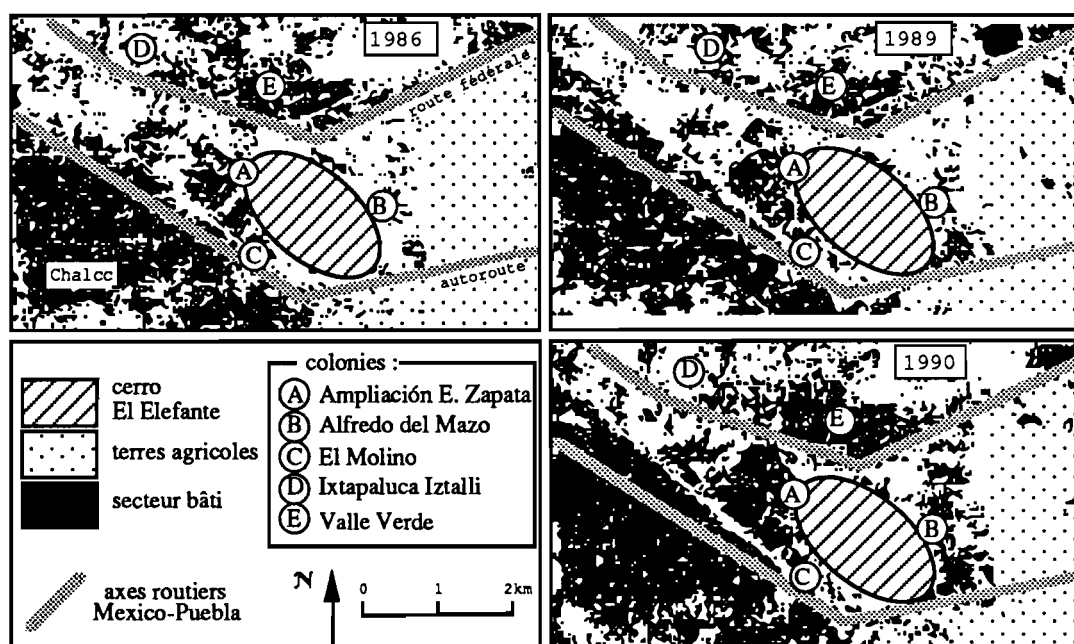


figure 193 : L'urbanisation d'Ixtapaluca entre 1986 et 1990 d'après l'extension des couleurs sur les compositions colorées.

Les images de 89 et 90 montrent que l'urbanisation n'est pas encore complète dans cette colonie, qu'elle s'est propagée à la colonie *Ampliación E. Zapata* et s'approche du cerro par l'ouest. La partie orientale du secteur, colonie *Alfredo del Mazo*, s'est elle-même très nettement densifiée en bâti, transformation qui se traduit sur les images par un changement des couleurs dominantes (voir figure ci-après). Les modifications de la texture sont ici peu significatives de l'urbanisation : le secteur de l'image est plus homogène en 1990, précisément à cause de la densification du bâti depuis 1986.

Nous avons pu vérifier, en février 1992, que ces nouveaux quartiers correspondent à un habitat populaire individuel, où se mêlent toits de tôle ondulée et de béton. De nombreux lots encore non-bâties composent ces quartiers dont la consolidation augmente, dans le nord-ouest, avec l'éloignement par rapport au cerro. Au sud-ouest du El Elefante, la colonie *El Molino* reste moyennement urbanisée.

L'urbanisme de ce secteur est très comparable à celui de Chimalhuacán, ou de Chalco ; mais, ici, persiste une activité d'élevage encore significative, et les troupeaux de bovins ou de chevaux continuent à traverser ces quartiers.

De l'autre côté de la route fédérale, sur les pentes sud d'El Pino, on observe sur l'image quelques rares changements ponctuels, comme ceux liés à l'ouverture de nouvelles rues dans la colonie d'*Ixtapaluca Izcalli*, ou à la densification de *Valle Verde* et de *Santo Tomas...*, quartiers d'extension inchangée à l'échelle satellitaire.

Les transformations se prolongent au-delà des limites du municipe, et forment un vaste territoire en mutation avec le développement de Chalco que nous verrons plus loin (§ 3.10).

### **3.7. Alvaro Obregon et Tlalpan**

Les conditions de la détection des surfaces bâties sur les pentes de l'Ajusco sont inverses de celles rencontrées sur les surfaces salines à réponses radiométriques élevées : l'Ajusco et son

piémont sont constitués de roches volcaniques, donc sombres. La présence de chantiers ou une urbanisation occulte ne seraient donc guère détectables (peu de poussière, vastes affleurements de la roche-mère), à moins que ceux-ci n'entraînent une destruction locale de la végétation et une dégradation des sols qui la portent.

En revanche, une para-urbanisation liée aux dépôts de matériaux, ou l'apparition de toits clairs, même de petite taille et de manière diffuse, réaliserait un contraste suffisant avec le substrat sombre, pour être détectables sur une image SPOT "plus tôt" que sur les sols clairs. Les changements dans ces secteurs à substrat sombre apparaissent sur l'image plutôt sous forme de points que de surfaces.

Nous allons maintenant voir qu'il existe en réalité des expressions du changement par points et par surfaces sur les images, et que le développement de cette périphérie reste dynamique à l'intérieur des limites urbaines de 1986. La croissance physique à l'extérieur de ces limites ne peut pas être suivie avec les images disponibles : l'extrémité sud de la scène coïncide avec la ligne de contact de l'agglomération et la zone de conservation écologique de l'Ajusco. L'analyse est donc impossible au-delà d'une frange étroite correspondant à quelques centaines de mètres à peine sur le terrain<sup>1</sup>.

### 3.7.1. Croissance spatiale vers l'Ajusco

Le report du Plan d'occupation du sol sur les images permet de localiser avec précision les limites légales du domaine urbain. Sur la partie de la zone écologique classée Parc National visible sur l'image, sud de *Heroes de Padierna* et sud de *El Convento*, aucune percée urbaine n'apparaît à l'intérieur de la zone protégée. Nous avons pu vérifier sur le terrain le respect strict de cette ligne de démarcation, avec la fermeture éventuelle du bâti construit dans la zone naturelle.

---

<sup>1</sup> En particulier, certaines extensions sud de Tlalpan qui sont situées hors des limites de la scène.

On remarque cependant, à la dernière extrémité de l'image, un groupe de points inquiétant sur les compositions colorées initiales, signaux également présents sur l'image diachronique des radiométries. Ce secteur s'étend au sud-est de la colonie *Ampliación Miguel Hidalgo* (voir figure 195), et correspond sur les cartes à un réseau de chemins, ou de rues, sans nom.

Mais le secteur le plus préoccupant se trouve en dehors de la zone couverte par les images à disposition. En effet, il existe sur le terrain de vastes extensions urbaines qui suivent la route et l'autoroute de Cuernavaca. Ces grands axes de communication semblent à la fois prétexte et support à une pénétration urbaine et à son développement tentaculaire dans la zone écologique, prenant appui sur les *poblados rurales* et sur la zone de développement contrôlé : la ZEDEC *Maria E. Z. de Echeverria*.

Seule, l'étude du développement urbain *intra muros* a été possible par voie satellitaire.

### 3.7.2. Densification des quartiers résidentiels

Les images diachroniques des radiométries montrent clairement les changements survenus dans les délégations d'A.Obregon, de M.Contreras et de Tlalpan, à l'intérieur des limites urbaines de 1986. Nous avons vu que l'image de sens direct ( $I_{(89)} - I_{(86)}$ ) met en évidence les fortes réponses radiométriques présentes sur l'image de 1989 et absentes sur celle de 1986 ; l'information résultante se présente sous deux formes :

- des essaims de points blancs-bleutés ;
- des essaims de particules de même couleur.

L'image de sens opposé ( $I_{(86)} - I_{(89)}$ ) présente une information résultante de trois types :

- des essaims de points blancs-bleutés souvent alignés en courts segments ;
- des essaims de points de couleurs rouges et dérivées ;
- des essaims de particules et surfaces sous divers tons de vert.

On peut observer que les contours de ses essaims correspondent fréquemment à ceux de nos régions d'étude. Cela signifie que les quartiers délimités et identifiés selon leurs caractères

instantanés sur l'image correspondent, souvent, aux secteurs délimités et identifiés selon leurs caractères diachroniques. Les caractères de leur évolution sont donc en relation avec leurs caractères propres instantanés.

La colonie *Jardines del Pedregal* (région R32, zone Z20) et le quartier *Heroes de Padierna* (régions R30 et R31, zones Z14 et Z15) ressortent par les nuages de points présents sur les images des radiométries dans les deux sens diachroniques. Ceux-ci traduisent des changements uniformément dispersés sur leur territoire :

- l'apparition et la disparition de chantiers, entre les deux dates, dans la colonie *Jardines del Pedregal*, l'apparition d'un bâti rare dans ce quartier de luxe à l'urbanisme contrôlé, et des changements liés à la végétation des jardins, en partie dus à des effets saisonniers (voir §3.1) ;
- l'apparition ou, sans doute plus fréquemment, la consolidation d'un bâti assez nombreux dans *Heroes de Padierna*, comme il ressort de l'enquête de terrain, changements auxquels s'ajoutent certains travaux d'équipement, en particulier la voirie principale orientée nord-ouest/sud-est : rues fraîchement aplanies en 1986, damées ou goudronnées en 1989. Ce secteur est relié à Tlalpan par un couloir urbain (colonie *Miguel Hidalgo*) qui porte les mêmes caractéristiques sur les images diachroniques, ce qui laisse deviner un développement semblable.

### 3.7.3. Développement complexe le long du Périphérique

Le contact des délégations de Tlalpan et de Coyoacán au nord, matérialisé par le Périphérique, ressort sur les images diachroniques, en particulier l'image directe, par la présence de nombreuses particules, voire de petites surfaces, surimposées à un essaim de points semblables à ceux décrits ci-dessus. Cette particularité traduit d'importants changements, moins discrets que ceux des quartiers précédemment évoqués.

Ce secteur de l'image se caractérise en outre par sa complexité, reflet de la propre complexité de cette partie de l'agglomération, aussi bien dans ces structures que dans son évolution<sup>1</sup>. Au contraire des quartiers populaires de vaste superficie et à la structure standard, dans lesquels l'histoire de la création et de l'évolution des colonies suit un itinéraire homogène, les quartiers de Coyoacán, Tlalpan et de Xochimilco naissent et vivent selon des destins différents, séparément, manzana par manzana... Les structures des images de base et diachroniques contiennent cette hétérogénéité.

Par ailleurs, la complexité urbaine apparaît d'autant mieux, que les transformations observées sont d'échelle suffisante pour avoir une existence propre sur les images, et pour être visuellement individualisables (objets de taille importante : immeubles, cités, centres commerciaux, entrepôts, équipements...).

Il serait fastidieux de dresser une liste détaillée des colonies en développement, mais il est possible de dégager les principaux changements. Le développement observable sur les images SPOT s'effectue selon un axe qui joint *Jardines en la Montaña*, à l'ouest, au stade aztèque, à l'est<sup>2</sup> :

- la colonie *Jardines en la Montaña* est typique d'une urbanisation préméditée, avec la mise en place, sur une surface de 92 ha, d'un réseau de voirie antérieur au bâti. Ce réseau est visible sur l'image de 1986, et l'image diachronique met en évidence le développement des constructions le long de la voirie. Ce lotissement de très haut standing est, à l'origine, de création illégale ;
- le centre commercial de luxe *Perisur* ressort également, mais sans doute davantage pour des travaux d'entretien, puisque ce centre était déjà construit en 1986 ;
- la colonie *Pedregal del Sur*, enclave de 3,5 hectares non construits en 1986, apparaît bâtie en 1989 de tours d'habitation d'une dizaine d'étages, destinées à des propriétaires de niveau élevé ;
- les installations olympiques *Unidad Habitacional Olimpica* laissaient une vaste surface sans

<sup>1</sup> Nous avons évoqué la complexité de ces quartiers dans la présentation géographique des délégations (chapitre 4), et dans le commentaire de la composition colorée initiale (chapitre 6).

<sup>2</sup> La distribution géographique de ce développement rappelle l'analyse de J. Delgado concernant l'urbanisation du sud de l'agglomération selon le Périphérique qui constitue un *axe structurant* ; voir chapitre 2, § 3.3 ???, et Delgado 1988 (2).

construction en 1986 ; trois ans plus tard, on remarque le développement de nouveaux équipements.

Plus au sud, on observe l'apparition de l'ensemble *Conjuntos FOVISSSTE Fuentes Brotantes*, bien que cité destinée à des fonctionnaires, est en principe illégal, puisque bâti dans un secteur pourtant classé espace vert par le Plan d'occupation du sol. Ce quartier correspond à l'extrémité de nouvelles implantations développées de part et d'autre du Parc National *Fuentes Brotantes*, depuis la colonie *Barrio Camisetas*, jusqu'à *El Metro*, à proximité du *Conjuntos FOVISSSTE* :

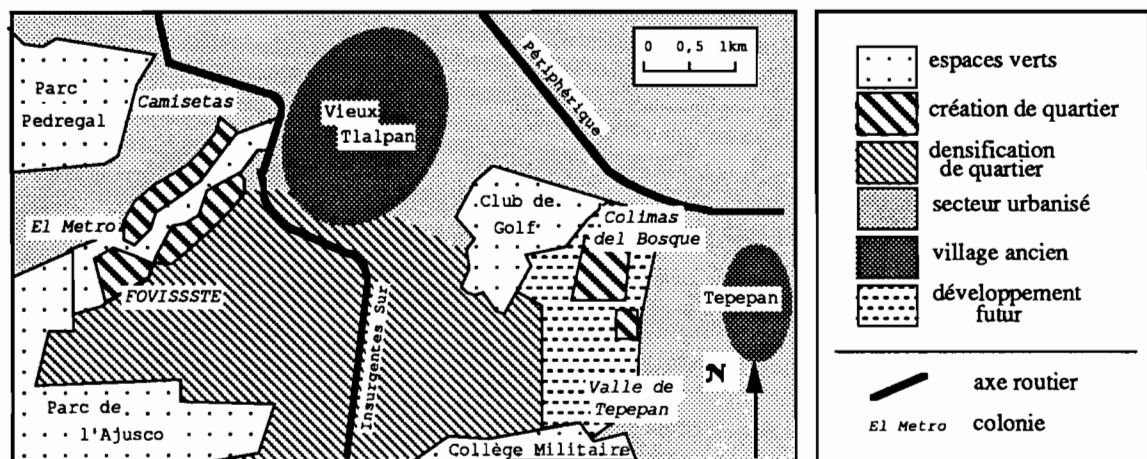


figure 194 : Extensions récentes, sud de la zone urbanisée de Tlalpan.

A l'est, à la limite de Tlalpan avec la délégation de Xochimilco, entre le Club de Golf et l'ancien village Tepepan, on observe quelques changements, faibles il est vrai, avec le développement des colonies *Colimas del Bosque* et *Conjunto Residencial Tepepan*.. Ce secteur de 300 hectares est occupé par plusieurs *conjuntos* (ensembles) clôturés, destinés aux classes moyennes ; d'après l'image satellitaire, il reste des colonies peu urbanisées en 1989, mais dont le Plan envisage le développement (colonies *Las Tortolas*, *Valle de Tepepan* et *Fuentes de Tepepan*, vers le Collège Militaire...).

La figure suivante reprend les principaux changements survenus dans le sud-ouest de l'agglomération, tels qu'on peut les observer sur image SPOT.

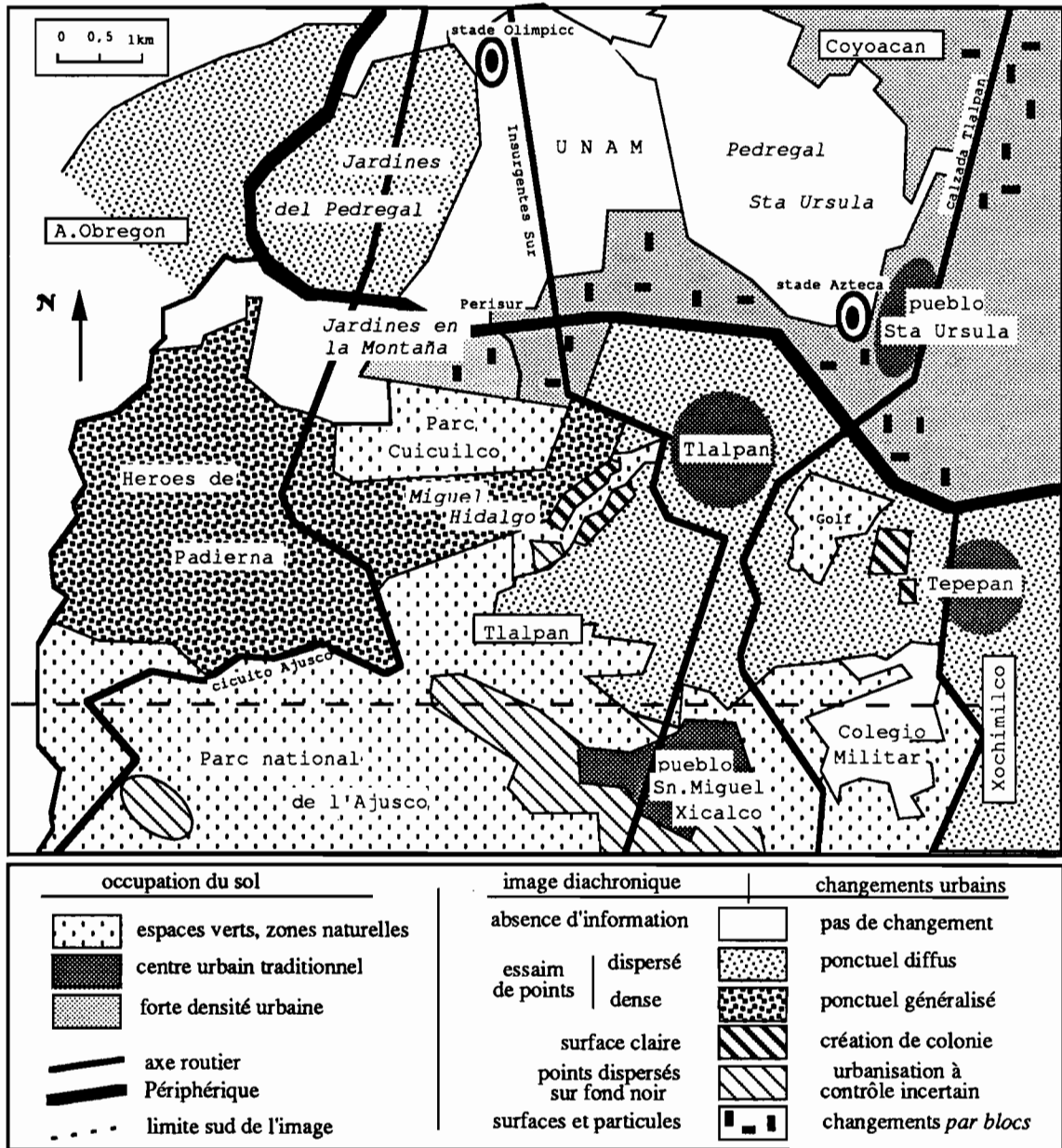


figure 195 : Changements observés dans les délégations d'A.Obregon et Tlalpan.

### 3.8. Xochimilco

Nous avons vu que les quartiers de Xochimilco présentent également une grande complexité dans la constitution du tissu urbain, caractérisé par un assemblage de microstructures de grande diversité sur un espace restreint. La variété est associée au dynamisme, tous deux liés au niveau économique majoritairement moyen-élevé et élevé des habitants (voir chapitre 4).



Les changements marqués par les images diachroniques sont du même type que ceux observables pour les délégations Alvaro Obregon et Tlalpan :

- nuages de points qui correspondent aux changements ponctuels survenus dans le vieux Xochimilco ;
- ensembles de particules pour les extensions récentes...

Ces deux types d'information diachronique expriment le contraste entre deux types d'urbanisation et deux types de vie urbaine.

A cela s'ajoute une catégorie de changements que nous avons peu observée dans la partie nord de l'image : le *tissu de points*, décrit dans le paragraphe 2.1.4, qui caractérise la création de la colonie *San Lorenzo*.

### **3.8.1. Vieux Xochimilco : l'immobilité des centres historiques**

Les quartiers du village ancien de Xochimilco (région R22) laissent peu de traces sur l'image des changements, dans les deux sens diachroniques. Cette absence d'information diachronique résulte de la constance des caractères radiométriques entre les deux dates, stabilité qui, elle-même, traduit l'absence de changements. Ce secteur, en effet, se maintient sur son urbanisme hérité de l'histoire et adapté au milieu lacustre des *chinampas* ; son activité, essentiellement tournée vers le tourisme, se limite à l'exploitation contrôlée des richesses naturelles et traditionnelles restantes.

L'information diachronique est également inexistante dans les secteurs de l'image correspondant aux volcans Tlacualleli et Teuhtli (voir plus loin croquis), et la zone de contact de ces volcans avec le domaine lacustre<sup>1</sup> (*pueblos* : *Sta.Cruz Acalpixca*, *Sn.Gregorio Atlapulco*, *Tulyehualco* ; région R20, zone Z13), le long de la route Xochimilco-Tulyehualco. Contrairement, donc, à Tlalpan, le développement urbain reste limité aux pieds des volcans,

---

<sup>1</sup> *Domaine lacustre* : voir le glossaire.

et épargne la zone naturelle protégée. Aucune trace d'urbanisation n'est, en tout cas, décelable par satellite.

La priorité accordée à la protection du site du vieux Xochimilco interdit le remplacement des anciennes structures et les extensions urbaines sur le lac ; Xochimilco se développe donc par sa périphérie terrestre.

### **3.8.2. Quartiers récents : le dynamisme des temps modernes**

Nous avons vu que l'extension du Périphérique pour les Jeux Olympiques de 1968, avait favorisé l'expansion du sud de l'agglomération. Le développement moderne laisse encore, 20 ans plus tard, des discontinuités dans le tissu urbain, poches de résistances que la forte pression foncière réduit rapidement.

L'enquête terrain menée dans les zones 22 et 24 met en évidence un nombre de chantiers assez moyen (chapitre 11, § 1.2.4), ce qui est compatible avec la présence de particules sur les images diachroniques : il s'agit ici, tout comme à Tlalpan et Coyoacán, d'un dynamisme *par bloc*, plutôt que ponctuel. Cette forme de dynamisme est elle-même compatible avec une forme d'occupation du sol à la manière nord-américaine : nombreux *conjuntos\**, séparés par des boyaux d'activité économique le long de couloirs stratégiques : entreprises, entrepôts, bureaux, ateliers, centres commerciaux... Ces établissements répondent ici aux exigences de la modernité : compétitivité, rentabilité, technologie, standing... et s'adressent surtout à un marché offrant des garanties.

Les changements observés se localisent notamment le long de deux grandes avenues issues du Périphérique, au nord : *Antiguo Camino a Xochimilco* et *Prolongación División del Norte*, et

dans le secteur compris entre celles-ci : depuis la colonie *Aldama*, jusqu'au *Pueblo San Lucas Xochimanco*<sup>1</sup>.

Le développement évoqué, distribué sur une surface de 450 hectares environ, confirme l'occupation des sols décrit par le Plan, et complète les divers paysages urbains :

- sur les grandes avenues, les changements se rapportent au développement de locaux appropriés aux activités économiques, administratives et de services ;
- dans les colonies, l'information diachronique concerne surtout le développement d'habitations de grande surface, généralement regroupées en *conjuntos* à accès contrôlé.

Au nord du Périphérique, dans la délégation de Coyoacán, les données diachroniques enregistrent des changements analogues, également liés au développement d'activités économiques et de services (centres commerciaux de *Via Coapa* (Tlalpan), UAM de Xochimilco...) sur des axes qui drainent des colonies résidentielles constituées de petits immeubles et de maisons à étages.

### **3.8.3. Domaine lacustre : réduction aux stricts besoins touristiques**

Les projets d'urbanisme pilotent la réduction du domaine lacustre et l'aménagement des restes du lac à des fins touristiques et de loisirs.

La composition colorée des différences radiométriques met clairement en évidence l'apparition d'un quartier entier à l'intersection du Périphérique et de *Prolongación División del Norte* (voir figure difcc-107, § 3.10). La colonie *San Lorenzo* est constituée de 93 hectares de terres encore intégrées au domaine lacustre en 1986. Le tissu de points blancs ou bleutés sur l'image montre que ce secteur est déjà fortement urbanisé, sur toute sa surface, en 1989 : les constructions se sont rapidement multipliées selon un schéma d'urbanisme pré-établi. En février 1992, la presque totalité des lots de *San Lorenzo* étaient bâtis de maisons de deux étages en matériaux

---

<sup>1</sup> Les quartiers de la délégation se prolongent plus au sud, mais dans des secteurs qui ne sont pas couverts par nos images.

définitifs, étendant ainsi les zones résidentielles de Xochimilco destinées aux classes à ressources moyennes-hautes.

A cette même date, on observait aussi la préparation d'une lotification immédiatement à l'est de *San Lorenzo*, également prise sur le domaine lacustre. L'aménagement de la voirie et les équipements ont précédé la mise en vente des lots destinés à une clientèle habituée au luxe.

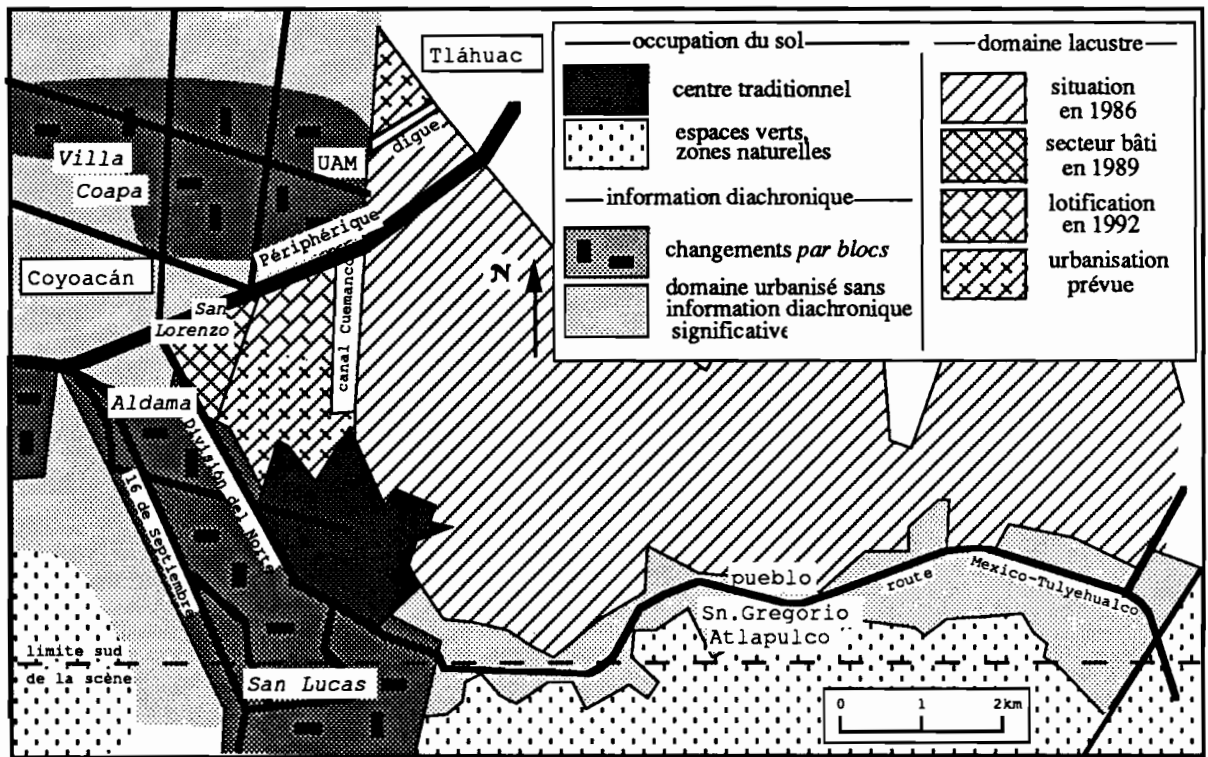


figure 196 : Changements observés dans la délégation de Xochimilco entre 1986 et 1989.

Enfin, l'image diachronique directe porte trace des premiers travaux d'aménagement du lac : un linéament qui correspond à la construction de la digue qui doit circonscrire les dernières eaux du lac.

On remarque également, les changements d'état de la végétation du domaine lacustre, particulièrement visibles, liés aux variations saisonnières. Les larges surfaces rouges présentes sur l'image diachronique directe des radiométries traduisent la plus forte activité chlorophyllienne en décembre qu'en mars.

L'illustration ci-dessus localise les changements observés à Xochimilco à partir des images SPOT.

### 3.9. Tláhuac

Tout comme Xochimilco, Tláhuac<sup>1</sup> a connu des types et des intensités de développement urbain différents selon les quartiers. Le secteur oriental *Santiago Zapotitlan-Selene*, le pueblo rural *La Conchita Zapotitlan*, ainsi que *Agricola Metropolitana*, au sud se caractérisent par la rareté de l'information diachronique, traduisant le faible dynamisme de leur développement.

Au contraire, les colonies comprises entre *Los Olivos* et *La Nopalera*, à l'ouest, *Ex-Hacienda San Nicolas Tolentino* et *Villa Centroamericana y del Caribe*, au sud, ont été le théâtre de diverses formes de développement et de croissance entre 1986 et 1990. Certaines de ces nouvelles extensions urbaines pénètrent à l'intérieur de zones naturelles supposées protégées.

Enfin, le *Pueblo Sta Catarina Yecahuizotl*, resté à l'écart de la flambée d'urbanisation du Nouveau Chalco, semble subir, à son tour, des transformations en 1990.

#### 3.9.1. Développement des quartiers urbanisés en 1986

On relève deux comportements différents dans les colonies urbanisées de Tláhuac entre 1986 et 1990 :

- à l'instar des quartiers industriels déjà décrits (*Agricola Pantitlan, La Paz, Iztapalapa...*), celui de *Los Olivos*, établi le long de la grande artère *avenue Tláhuac*, connaît un fort développement avec l'apparition de nouveaux bâtiments, enregistrés sur les images sous forme de particules rectangulaires blanches ou bleues claires<sup>2</sup>. L'image diachronique directe fait ressortir 20 à 25 particules, ce qui double leur nombre en 1990 par rapport à 1986. Ce type de changement par bloc correspond et se limite à la région R21 des compositions colorées, et concerne quelque 300 hectares.

<sup>1</sup> Secteur en partie couvert par l'image de 1990.

<sup>2</sup> Certaines de ces particules peuvent correspondre en réalité à des chantiers de construction, mais dont la taille et la forme annoncent la morphologie des futurs bâtiments.

Ce secteur montre un nouvel exemple de l'équivalence des structures initiales aux structures des changements, repérable sur les images diachroniques lorsque le secteur se développe.

- les autres secteurs d'urbanisation ancienne, en particulier celui de *Selene*, ne semblent avoir subi de changements que très ponctuellement, si l'on se réfère aux images diachroniques : quelques points pour des surfaces équivalentes à 254 hectares pour le *Pueblo La Conchita Zapotitlan*, à 820 hectares pour *Selene* et sa jonction avec *Pueblo Tulyehualco* au sud (région 18).

L'information recueillie par l'enquête de terrain sur *Selene* (zone Z8) est conforme à notre information diachronique. En effet, l'enquête décrit, en 1990, un secteur relativement peu construit, et avec un faible nombre de chantiers, malgré des terrains à bâtir encore disponibles. Ce nombre est comparable à celui d'une zone très urbanisée, et nous confirme le médiocre dynamisme de la colonie. Par ailleurs, l'assez forte proportion de bâtis en dur semblerait montrer un quartier consolidé, mais figé dans son évolution.

L'urbanisation interne se montre ici très faible ; les efforts du développement semblent plutôt rassemblés pour une urbanisation d'expansion dans d'autres secteurs de la délégation.

- aux confins d'Iztapalapa et de Tláhuac, la colonie *Ex-Hacienda San Nicolas* formait une poche non-urbanisée en 1986 ; elle apparaît partiellement résorbée en 1990.

### 3.9.2. Croissance urbaine au nord et au sud

La partie urbanisée de Tláhuac est disposée en cul de sac urbain fermé de trois zones naturelles<sup>1</sup> : les cerros au nord, le lac de Xochimilco au sud, et l'ancien lac de Chalco à l'est. Ces zones naturelles ont été délimitées pour la protection du domaine lacustre, des activités agricoles, notamment l'élevage, et pour le développement de zones forestières. L'image de 1990 permet de mettre en évidence une urbanisation d'expansion dans des secteurs pourtant protégés :

---

<sup>1</sup> Les limites urbaines sont souvent matérialisées par des bornes et des panneaux d'interdiction de construire.

• au nord du secteur correspondant à *Santiago Zapotitlan*, avec l'apparition de quelques particules alignées le long d'un linéament. La carte nous permet d'identifier ce linéament comme un chemin dirigé vers les cerros situés plus au nord, et que jalonnent donc les nouvelles constructions, au-delà de la route *Antiguo Camino a Tlaltenco* (voir schéma ci-après). Ce secteur potentiellement urbanisable s'étend sur 70 hectares environ, mais quelques milliers de mètres carrés seulement semblent bâtis en 1990.

• au sud de *Agrícola Metropolitana*, le secteur où s'étend désormais la colonie *Villa Centroamericana*... appartenait encore en 1986 au lac Xochimilco, puisque l'image et les photos aériennes de cette date ne présentent aucun fait d'urbanisation, à part les canaux de drainage. La création de la colonie n'apparaît pas non plus sur la scène de 1989, mais seulement sur celle de 1990. En un an, donc, un secteur de 65 hectares s'est urbanisé dans une zone que le Plan d'occupation du sol réservait au domaine lacustre.

L'urbanisation a été, ici, très rapide...

La figure 190 située plus haut dans le paragraphe 3.5 atteste de ces changements entre 1989 et 1990, tandis que l'illustration ci-après détaille ces nouvelles extensions :

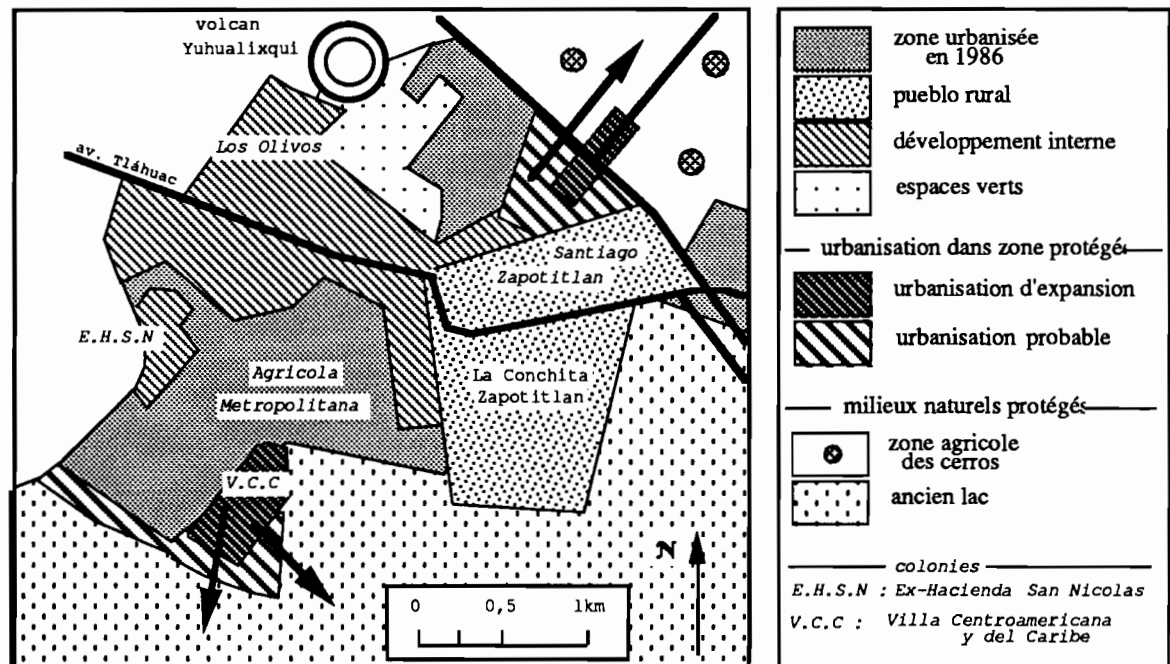


figure 197 : Les extensions urbaines dans les zones naturelles protégées, à Tláhuac, d'après l'image de 1990.

### 3.9.3. Réveil d'un pueblo ?

L'urbanisation récente des vastes quartiers du Nouveau Chalco semblait avoir épargné le pueblo *Sta Catarina Yecahuizotl*, situé à quelques centaines de mètres seulement de la limite ouest de ce municiple. En 1989 encore, l'image de télédétection montre un pueblo discret dans son site naturel, caractérisé sur la composition colorée, par une texture comparable à celle du domaine urbain, mais des couleurs plus proches de celles représentant le milieu naturel.

En 1990, les couleurs de la composition colorée se sont muées en "couleurs urbaines", désormais plus proches de celles du secteur bâti de Chalco, et étendues autour d'un centre à l'aspect général inchangé. Ces caractères semblent décrire un développement urbain à la fois par densification et par expansion, d'un type proche de celui de Chalco, mutation qui n'atteint pas le vieux centre typique. Une estimation de la variation de surface couverte par l'agglomération du village, d'après contours effectués visuellement, donne des surfaces approximatives de 180 hectares en 1986, et 214 hectares en 1990. La structure qui semble se mettre en place, suit l'organisation d'une voirie qui n'est pas purement réticulaire.

On note par ailleurs l'apparition, à cette même date, d'un linéament nord-sud d'une centaine de pixels de long (deux kilomètres sur le terrain), qui peut correspondre à une route fraîchement tracée à l'extérieur du village, sur le bord de l'un des canaux de drainage (figure dessous).

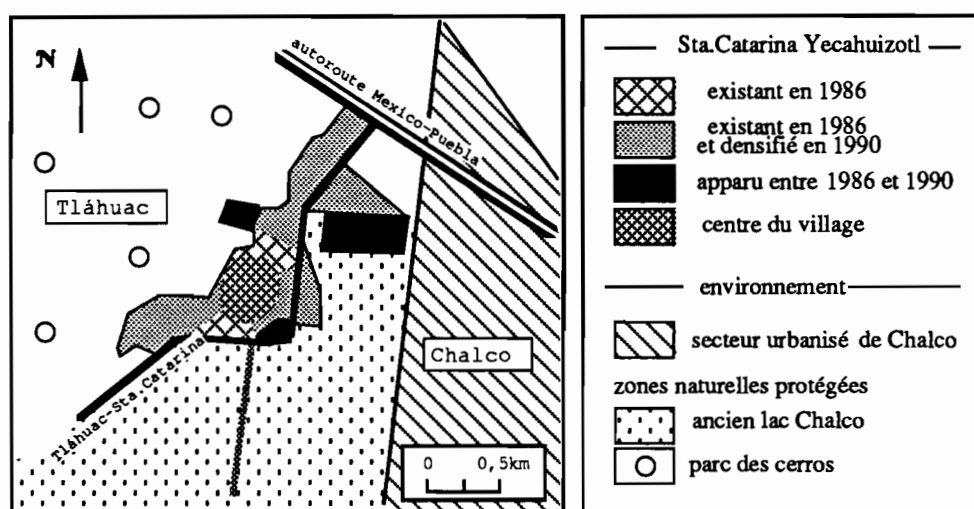


figure 198 : Les mutations du pueblo *Sta Catarina Yecahuizotl*, Tláhuac, d'après interprétation visuelle sur les images de 1986 et de 1990.



Des images ultérieures à 1990 pourraient confirmer l'hypothèse d'un réveil urbain de ce pueblo, et nous permettraient de suivre le processus de mutation, de structuration des nouveaux quartiers, et de leur intégration au reste de l'agglomération.

Comme pour Xochimilco, les changements les plus visibles sur les images diachroniques pour ce secteur, sont relatifs à la végétation du domaine lacustre.

L'ensemble des changements urbains constatés à Tláhuac est résumé par le schéma ci-après :

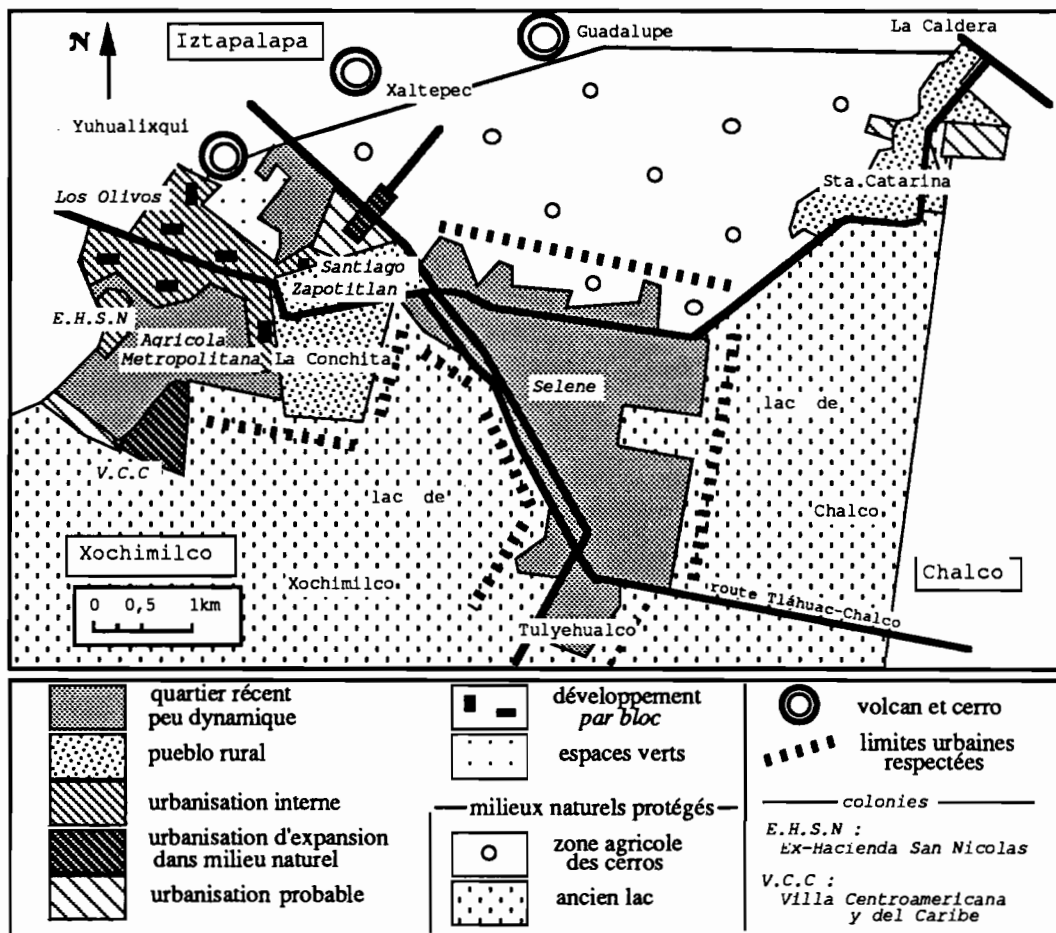


figure 199 : Les changements urbains intervenus à Tláhuac, entre 1986 et 1990.

### 3.10. Chalco

L'urbanisation des anciennes terres d'élevage de Chalco est déjà fort avancée en 1986, et il est possible de délimiter les secteurs conquis, dès cette première date. Les contours des établissements humains et leur progression sont en effet bien visibles sur les trois images SPOT

instantanées, par des plages de couleurs spécifiques, de contours précis et géométriques par endroits, et de texture hétérogène en contraste avec un milieu naturel plus homogène.

Pour construire la figure 200 ci-après, on a sélectionné et binarisé les couleurs des compositions colorées initiales des trois dates, représentant les secteurs urbanisés<sup>1</sup>. Les pixels sélectionnés sont ici représentés en noir.



figure 200 : Evolution de la tache urbaine de Chalco, selon les images des trois dates.

<sup>1</sup> couleurs grises, gris-bleues et bleu-vertes... identifiées dans les secteurs de l'image correspondant à des secteurs reconnus construits sur le terrain. Seules les couleurs à densité de bâti élevée sont ainsi conservées.

On constate que la "tache urbaine" se répand en plusieurs endroits, en particulier :

- à l'ouest du cerro Xico ;
- à l'est des Nouveaux quartiers (au "coude" de l'autoroute Mexico-Puebla) ;
- autour du centre traditionnel.

### 3.10.1. Densification du Chalco des années 80

Durant les années 80, Chalco a surtout connu l'urbanisation massive des terres situées dans le triangle de 2300 hectares, formé par les colonies *Tlalpizahuac* (nord), *San Miguel Xico* (sud-ouest), *Providencia* (sud-est). L'évolution de la tache urbaine concrétise la progression de l'urbanisation :

- en premier lieu par le nord, depuis l'autoroute Mexico-Puebla ;
- puis, par le sud-est à partir de la route Tláhuac-Chalco (voir chapitre 5).

Comme nous l'a enseigné l'enquête de terrain, la dispersion des couleurs et leur remplacement progressif vers le centre du nouveau quartier, sont à l'image de la nature et de la distribution du bâti au sol : plus précaire et dispersé vers les colonies *Niños Heroes*, *Santa Cruz* et *Guadalupana* (région R12, zone Z7).

La progression de l'urbanisation se fait comme suit :

- au nord du triangle : la densité du bâti, en 1986, ne permet guère la détection de la zone urbaine au-delà des colonies *Santiago* et *Independencia* (région R11, zone Z6). Quatre ans plus tard, la consolidation du bâti s'est propagée de 200 hectares vers le sud, gagnant les colonies *Maria Isabel*, *La Concepción* et *San Isidro*. Le type d'urbanisation se caractérise par une occupation des lots plus intense : bâti plus dense et en matériaux durables... On peut estimer que les caractéristiques urbanométriques de ce secteur, mesurées par l'enquête de terrain, ont évolué de celles de la zone 7, à celles de la zone 5 ou 6 ;

- au sud-ouest, l'urbanisation interne apparaît plus spectaculaire sur l'image, comme le montrent les extractions d'images, figure 203 : les colonies à l'ouest et au nord-ouest du cerro

Xico (R13, Z5) se sont vigoureusement densifiées et consolidées sur une surface de 270 hectares, entre 1986 et 1989. On peut également en conclure que les caractéristiques urbanométriques de la zone 5 ont évolué vers ceux de la zone 6 telles qu'elles ont été mesurées en 1990 ;

- au sud-est : la densification est plus discrète dans la colonie *Providencia* (Z18), lenteur peut-être due à l'urbanisation d'expansion observable à l'est (colonie *Unión de Guadalupe*), au sud-est (*San Miguel*) et au sud (*Culturas de México, Jardines de Chalco...*). La concentration de la population est ici moins nécessaire, puisqu'il existe encore, non loin de là, des terres à coloniser dans des secteurs peu peuplés.

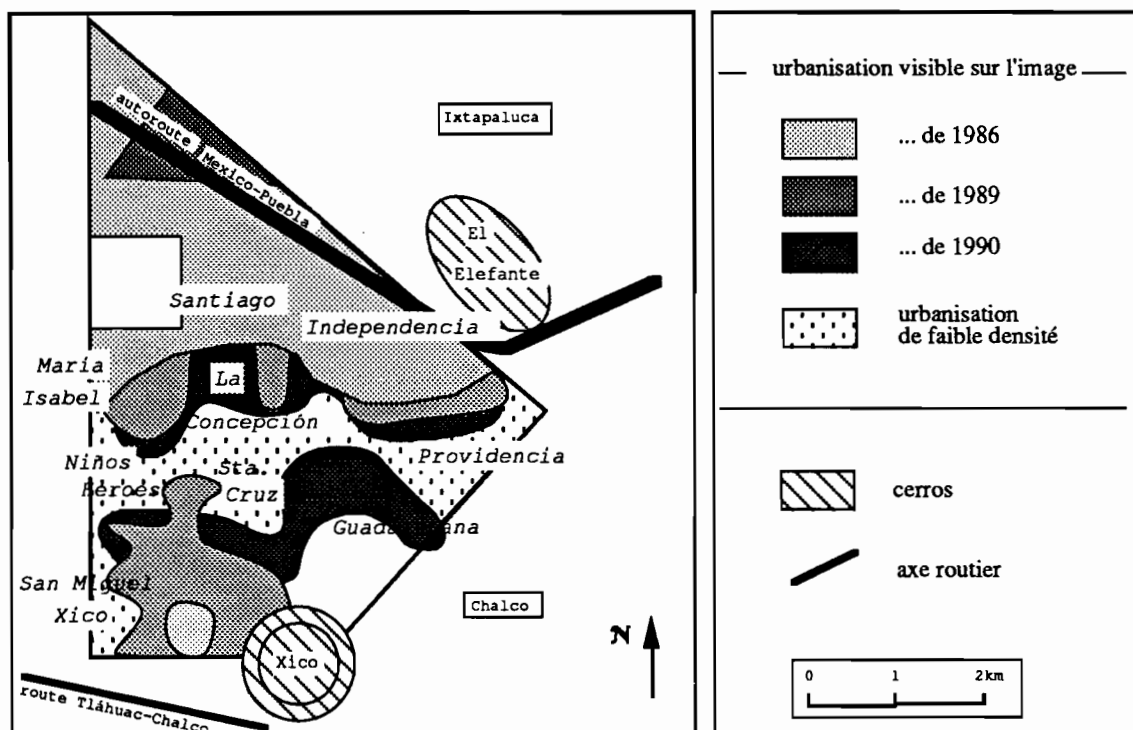


figure 201 : Progression de l'urbanisation à Chalco nord (1986-1990).

### 3.10.2. Création du Chalco des années 90

Tandis que le secteur nord des quartiers récents se comble peu à peu de bâti, de nouvelles extensions se développent selon trois axes principaux, le long de voies de communication qui convergent vers le centre historique de Chalco :

- la route Tláhuac-Chalco (sud-ouest/nord-est) : les colonies *Jardines de Chalco* et *Culturas de México* (région R38, zone Z12) se développent au nord de la route, sur des terres que le Plan d'occupation du sol (Etat de Mexico) destine à la construction. La forme rectangulaire aux limites assez précises de cette vaste extension de 243 hectares est clairement visible sur les images de 1989 et 1990.

A cette date, l'enquête révèle que la partie la plus proche du centre forme un quartier déjà dense et consolidé ; en s'éloignant de Chalco, la densité et la qualité du bâti se relâchent. L'organisation, notamment le découpage des manzanas, est très directement calquée sur le quadrillage du réseau réticulaire de canaux et de chemins qui structurait les anciennes terres arables. La limite nord-ouest de la zone constructible est d'ailleurs fixée par un canal.

Cette extension est séparée des colonies *Guadalupana* et *Providencia* (voir plus haut) par une bande de terrain d'environ un kilomètre de large réservée à la création d'un parc naturel et, en partie, à la reforestation (*Parque Metropolitano Valle de Chalco*), parc menacé par les invasions (voir figure 204, page suivante, et plus loin figure 206).

- la grande avenue *via de Prestigio-avenida Alvaro Obregón* : d'orientation nord-ouest/sud-est, elle relie l'ancien village de Chalco à ses dépendances septentrionales modernes. Les contours irréguliers de la zone urbanisée et la diversité de la densité de son bâti, rendent l'étendue du secteur habité incertaine sur l'image (voir extractions d'images figure 204).

---

figures de la page suivante (de haut en bas) :

*figure 202 : Développement de la colonie San Lorenzo entre 1986 et 1989 (compositions colorées).*

*figure 203 : Développement à Chalco : ouest du cerro Xico (compositions colorées de 1986, 1989 et des différences radiométriques).*

*figure 204 : Croissance autour du Vieux Chalco (compositions colorées de 1986, 1989 et 1990).*

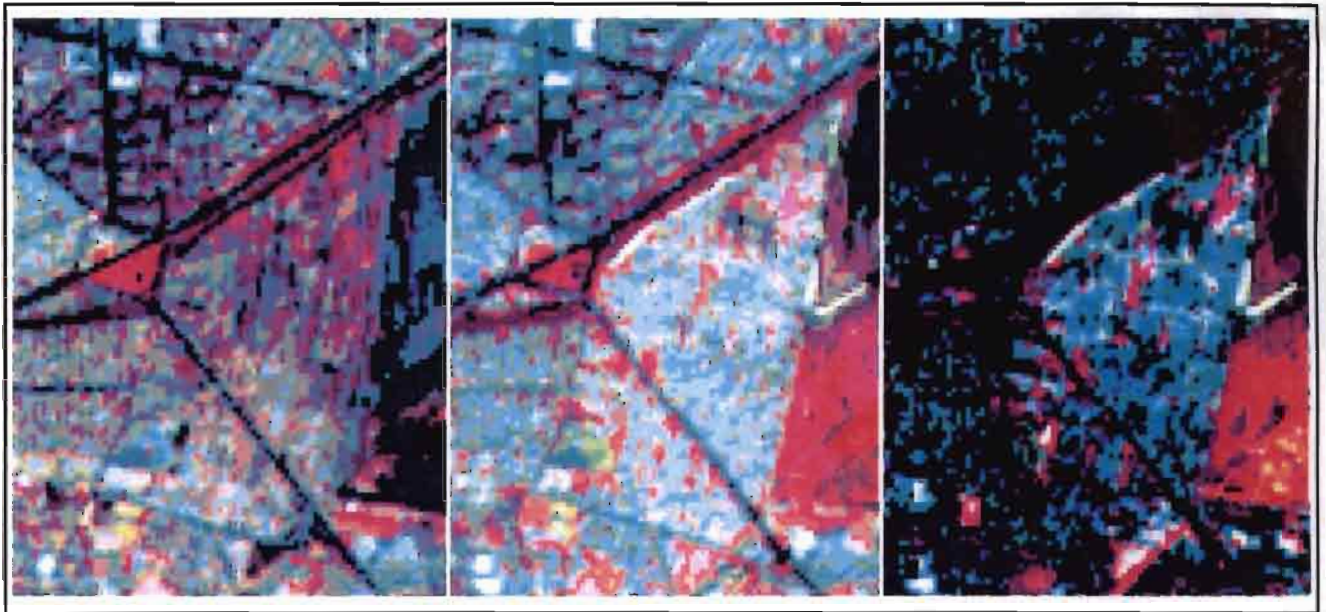
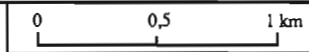


figure 202

1986



1989

CC(89-86)

figure 203

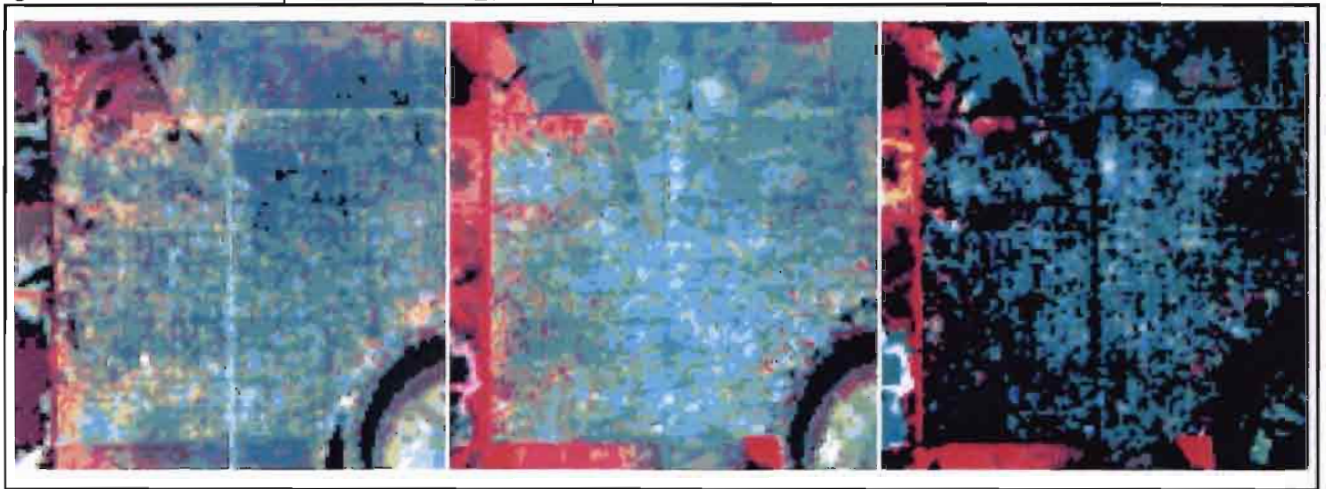
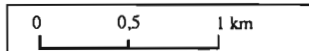
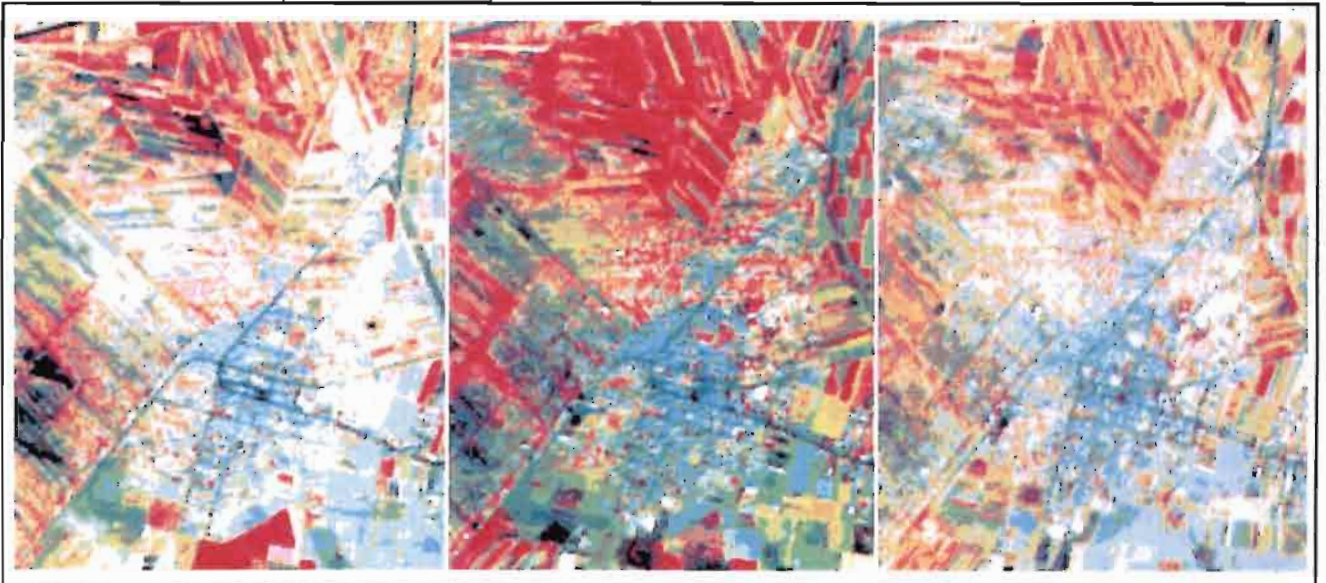
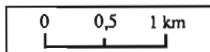


figure 204



1986

1989

1990

En s'éloignant du centre, à droite de la route, la colonie *5 de Mayo* se prolonge vers le nord par *San Miguel, Tres Marias* et *Unión de Guadalupe* (R36). Cette dernière présente, sur les compositions colorées initiales de 1989 et 1990, des couleurs qui correspondent à des secteurs de fortes densités de bâti, sur une centaine d'hectares ; en 1986, au même endroit, de nombreux champs étaient encore visibles (surface densément bâtie en 1986 : 13 ha, de faible densité : 57 ha). En 1992, le front urbain, ou limite extrême du secteur urbanisé (colonies *Nueva San Isidro I* et *II*), se compose de cahutes dispersées sur un tapis d'herbe, dont l'alignement n'est pas évident.

L'urbanisation des colonies intermédiaires a également progressé au cours de ces quatre années, mais elle apparaît globalement moins dense en 1990.

A gauche de la route, *Culturas de México* se prolonge par une colonie en formation sur une trentaine d'hectares : *Coyadonga*, caractérisée par l'aspect primitif de sa structure urbaine. Celle-ci se compose, en effet, de constructions précaires, disposées en alignements au parallélisme empirique qui détermineront ultérieurement les lots, les rues et les manzanas. Cette forme de pré-urbanisation est davantage repérable sur les images que la forme "Unión de Guadalupe" par atomisation de la surface construite (voir ci-dessus).

Cette colonie, ainsi que *Tres Marias* et *San Miguel*, se développe au mépris des projets du Plan d'occupation du sol, puisqu'elles ont totalement investi la partie orientale du domaine réservé au Parc naturel *Valle de Chalco*. Il y a donc, désormais, continuité du bâti depuis le village de Chalco jusqu'à l'extrême pointe nord de ses nouveaux quartiers (*Tlalpizahuac*), à une dizaine de kilomètres de là.

L'espace de ces colonies, constituées de résidences populaires, s'est également organisé selon les structures du parcellaire agricole antérieur.

- l'avenue Cuauhtemoc Poniente prolongée par la route fédérale Mexico-Cuautla : cet axe d'orientation nord-est/sud-ouest a permis le développement des colonies *La Bomba, Los Jacalones* et *Emiliano Zapata*, jusqu'à *Santa Cruz Amalinalco*.

L'image de 1986 présente une organisation de l'urbanisation en "grappes" : quatre micronoyaux urbanisés répartis le long de la route, totalisant 36 hectares, et séparés par un parcellaire mité de constructions (combinaisons de formes et de texture sur l'image).

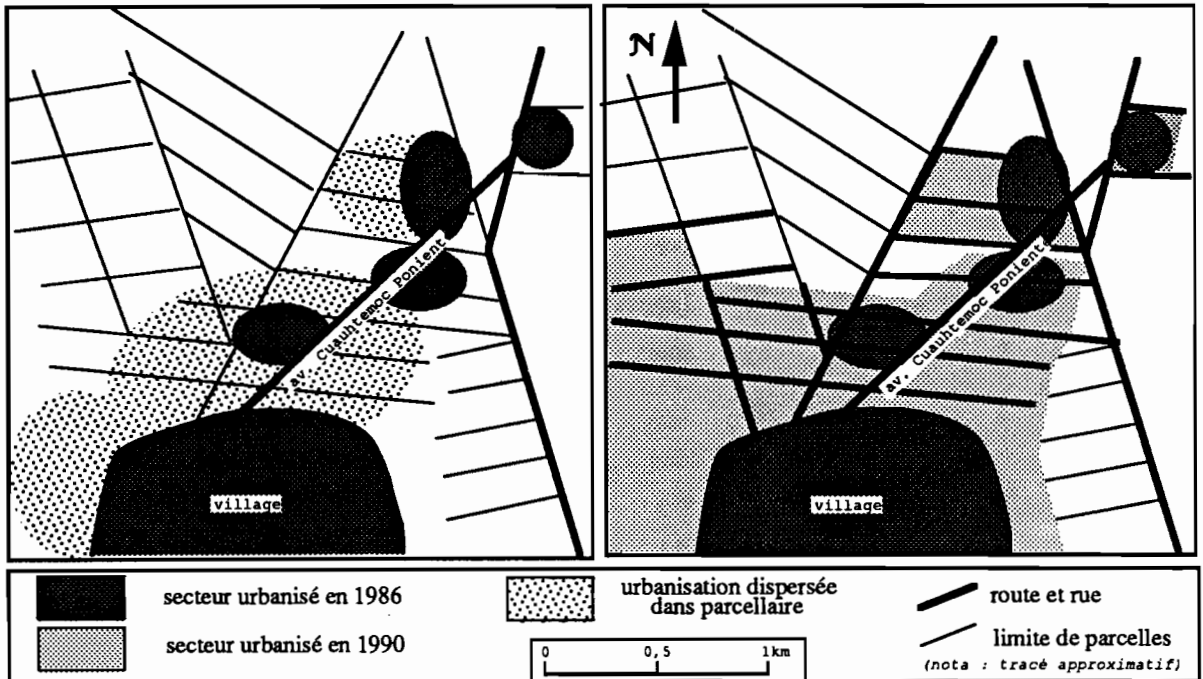


figure 205 : Processus d'urbanisation au nord-est de Chalco-village.

En 1990, les micronoyaux sont reliés les uns aux autres par la continuité du bâti à des degrés divers de densité, et cette extension occupe, d'après l'image de 1990, quelque 120 hectares ; les anciens chemins sont devenus des rues, le découpage des manzanas s'est inspiré de celui du parcellaire...

Cette expansion territoriale est conforme aux décisions des pouvoirs publics, et respecte, au début des années 90, l'espace réservé aux activités agricoles.

La périphérie orientale du village a connu également une croissance spatiale, mais il demeure encore, en 1990, des terres agricoles dans un large secteur que le Plan destine à l'urbanisation (colonies *Casco de San Juan* et *Barrio La Conchita*).



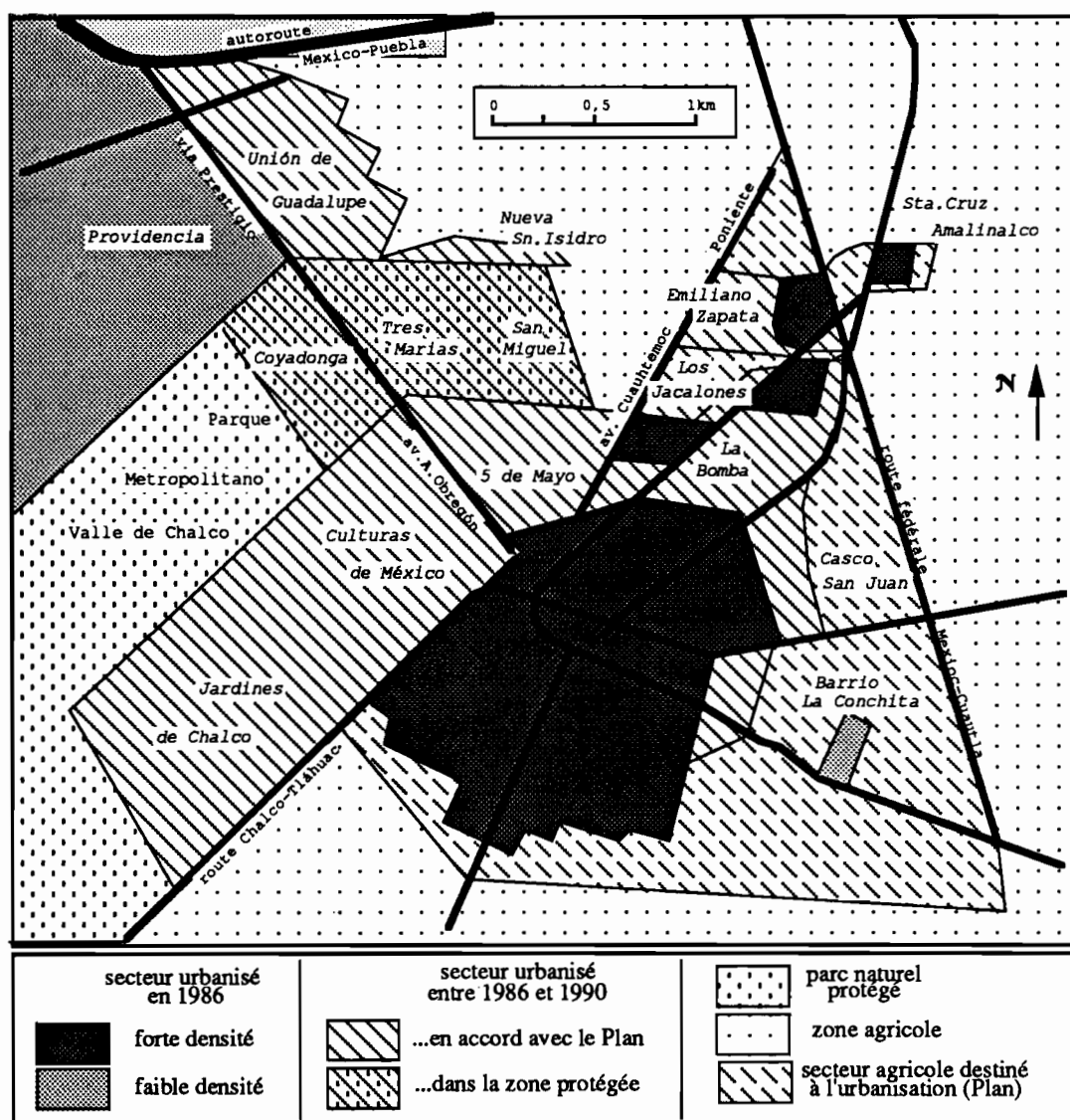


figure 206 : Progression de l'urbanisation à la périphérie de Chalco-village (1986-1990).

Au sud, l'urbanisation ne semble pas avoir progressé, conformément aux décisions du Plan. En revanche, on observe sur le terrain un mitage des terres agricoles, au nord, dans le V que forment les avenues Prestigio et Cuauhtemoc Poniente. Un bâti de qualité médiocre apparaît, en effet, en assez forte densité, concentré dans certaines parcelles isolées, tandis que les terrains voisins continuent d'être cultivés. Les manzanas conservent la forme initiale des parcelles, tandis que se développent, par la fréquence des usages, des voies de desserte. La figure ci-après montre l'exemple d'un mitage de ce type, rencontré dans la prolongation de la rue Oriente 50 de la colonie *Unión de Guadalupe* :

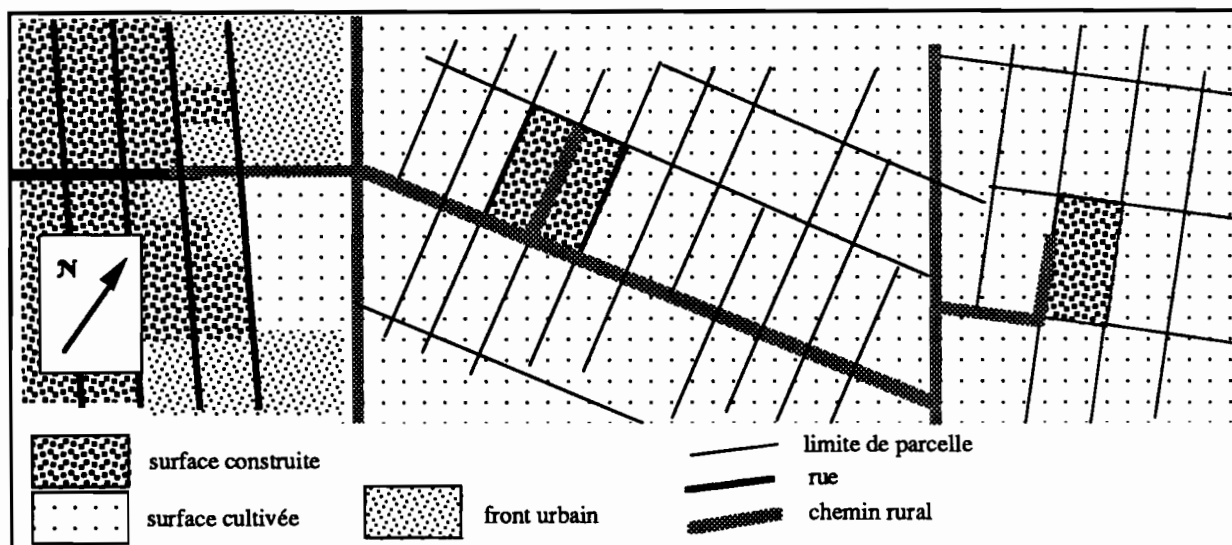


figure 207 : Exemple de mitage de l'espace agricole, à l'est de Unión de Guadalupe (Chalco).

Ce type d'urbanisation diffuse est difficilement repérable sur l'image : l'information sur les points de mitage existe, mais elle peut être confondue avec les champs labourés, puisque le sol dénudé apparaît dans les deux cas. L'information texturale est, quant à elle, pratiquement inexistante, de par la faible taille des surfaces construites.

Le schéma ci-après (figure 208) résume les transformations observées à Chalco :

Cette étude montre que le modèle de *croissance par conurbation* proposé par J. Delgado, et exposé au chapitre 2 (§ 2.2), ne s'applique qu'imparfaitement à Chalco. On observe un certain nombre de caractères prédits par l'auteur : le développement d'une périphérie locale, l'urbanisation extensive, l'invasion des terres le long des voies de communication, le comblement des vides urbains... qui préparent l'intégration progressive à la métropole...

Mais l'imagerie satellitaire, diachronique en particulier, apporte également quelques éléments discordants :

- l'exemple de Chalco tendrait en effet à montrer que les quatre caractères de la métropolisation se développent de manière simultanée, et non pas par étapes, comme le laisse supposer l'auteur dans son article : *El patron de ocupación territorial de la ciudad de México al año 2000* (Delgado, 1988 (1), en particulier graphique n°9, p.120) ;

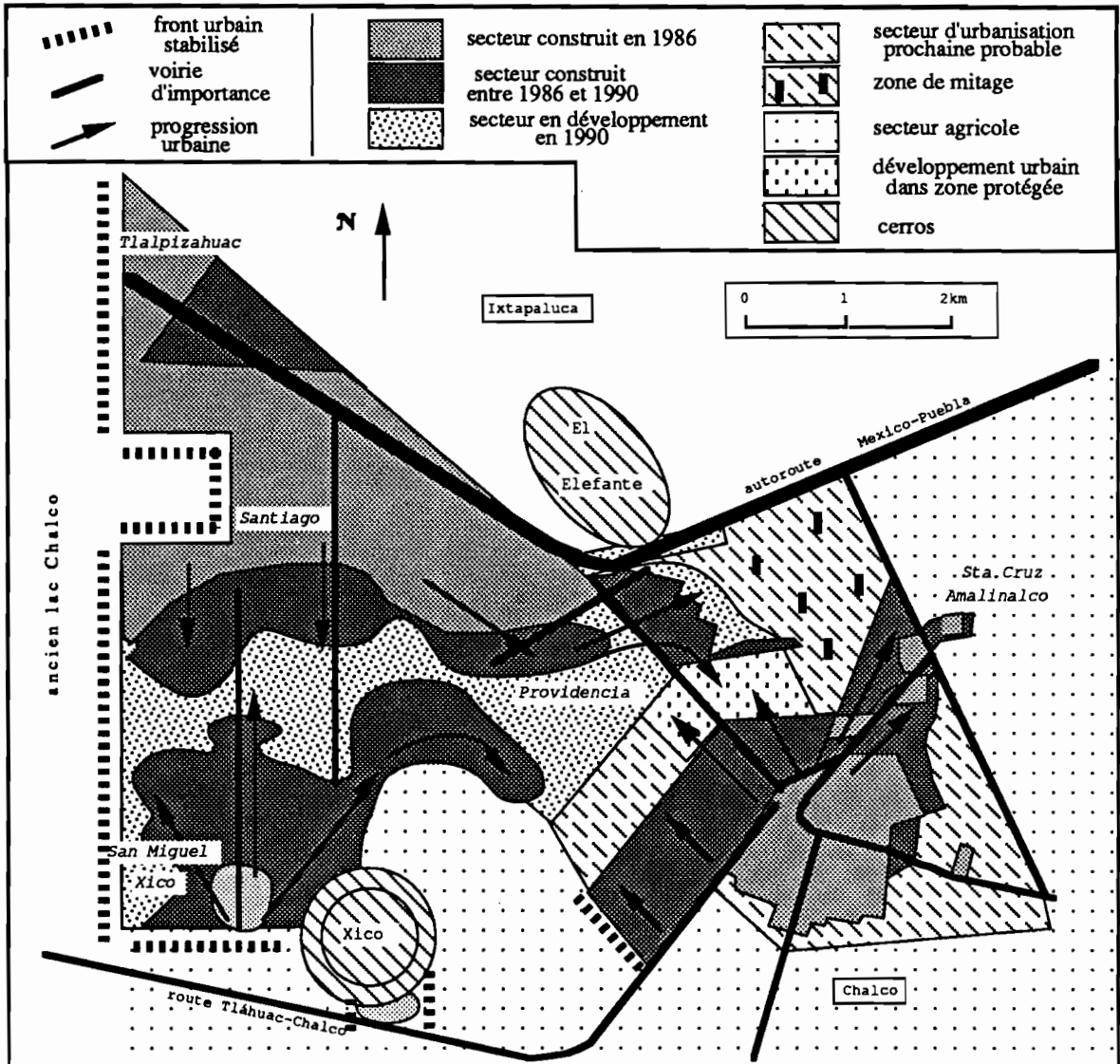


figure 208 : Changements survenus dans le municipe de Chalco (1986-1990).

- les axes de communication entre centres locaux ne déterminent pas les seuls espaces convoités : il existe également un mitage de l'espace agricole à l'écart de ces axes ;
- la création et le développement des quartiers nord de Chalco ne correspondent pas un élément de la métropolisation entre villages, mais plutôt à une extension de l'agglomération de Mexico-même, et cela malgré les discontinuités du bâti de La Paz et Tláhuac. D'après le modèle, d'ailleurs, cette extension est à l'origine de la métropolisation de Chalco-centre (voir plus loin, § 4.3) ;

• la remarque précédente tend à montrer que Chalco s'est directement conurbalisé avec l'agglomération de Mexico, sans réaliser, semble-t-il, de conurbation locale avec des villages ou des hameaux environnants (Ixtapaluca, Guadalupe San Marcos, San Martin Xico Nuevo...).

D'après les caractères des images SPOT, les éléments du modèle de croissance urbaine par métropolisation locale peuvent se cartographier, pour Chalco, de la manière suivante :

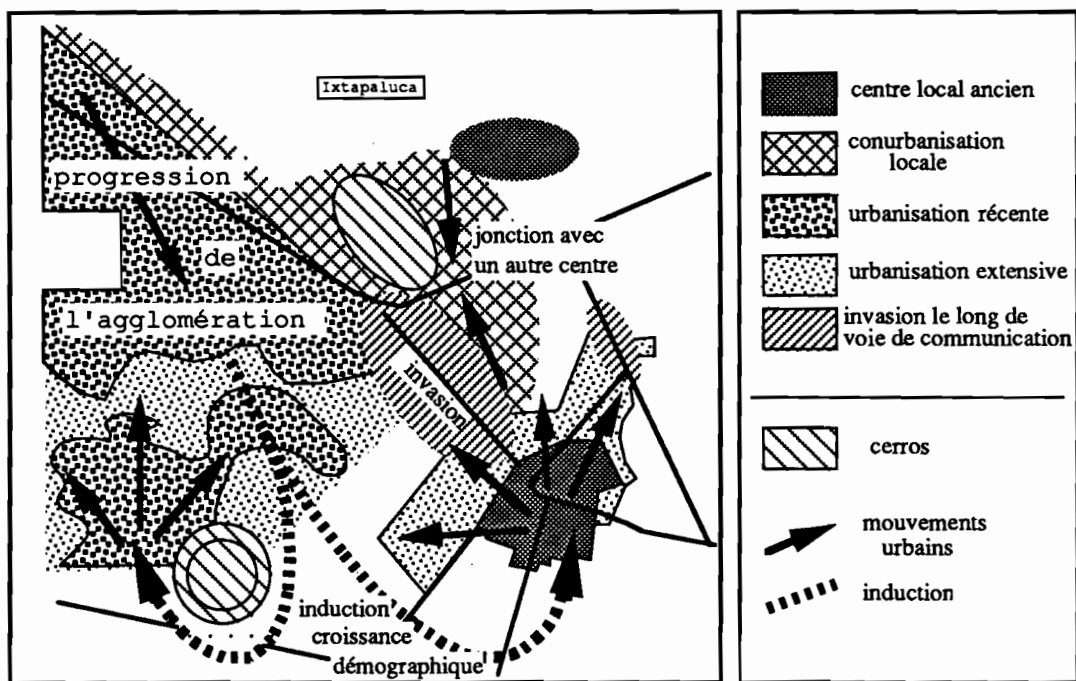


figure 209 : Eléments du modèle de métropolisation locale représentés à Chalco (1986-1990).

Nous constatons donc que l'imagerie satellitaire permet d'apporter une information sur les processus de formation et de structuration de l'espace urbain, de tester les modèles de développement, voire de visualiser leur fonctionnement.

A partir de cette analyse détaillée, nous allons maintenant poursuivre par une synthèse des changements urbains qui se sont produits dans le sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1989.

#### 4. Aspect régional du développement urbain observé sur les images

A partir des informations de développement urbain recueillies à l'aide des images, nous avons réalisé trois schémas de synthèse qui résument respectivement :

- l'ensemble des changements urbains survenus dans la partie sud-est de l'agglomération (figure 210) ;
- les pressions urbaines et les mouvements qu'elles engendrent (figure 211) ;
- la situation des zones de contact ville/milieu naturel, et l'urbanisation des milieux naturels (figure 214).

Ces schémas permettent de faire un certain nombre de remarques sur l'évolution de cette partie de Mexico. L'observation des changements a montré l'existence de plusieurs types de développement urbain, localisés dans des secteurs précis.

##### 4.1. Les types de développement urbain

Aux principaux caractères des images diachroniques (voir § 2), nous avons pu attribuer une signification thématique en termes de changements urbains :

- les **surfaces** présentes sur les images diachroniques, correspondent à des modifications uniformes sur de vastes secteurs. Ce type d'information traduit essentiellement les changements du milieu naturel dus aux variations saisonnières (inondation, cycle végétal, modification chimique du sol...) et aux activités agricoles liées à celles-ci (récoltes, labours...). Les changements du milieu naturel peuvent également correspondre à une intensification des activités humaines liées à une urbanisation (déplacements, constructions, dépôts...), dont l'impact provoque une modification ou une disparition de ce milieu : dégradation du sol, drainage, déforestation, destruction de la strate herbacée...

Dans notre zone d'étude, une telle information diachronique permet la localisation, et l'estimation de leur surface, des secteurs probablement en cours d'urbanisation, sur sol salin ou à couvert végétal (Chimalhuacán, Iztapalapa, Tláhuac, Chalco...).

- les "**particules** diachroniques" démontrent l'existence de changements à une échelle plus réduite, et typiquement liés à un événement local particulier : apparition ou disparition de chantiers, construction ou destruction de bâtiments (immeubles, *conjuntos*, usines, entrepôts...) et d'équipements (voirie, métro, sport...), modifications saisonnières des surfaces d'espaces verts (terre-pleins, terrains, de sport, jardins, parcs...) ...

Les particules blanches ou bleues se localisent surtout dans les secteurs des images diachroniques correspondant aux zones industrielles ou de services, et aux zones résidentielles d'habitat collectif. Les particules de couleurs rouges et dérivées traduisent le plus souvent des changements dans l'état des espaces verts.

- les **points** sont d'interprétation plus délicate, car ils peuvent traduire des changements réels entre les deux dates, ou bien avoir pour cause une imprécision locale du recalage géométrique des deux images (notamment dans les secteurs qui correspondent à un relief). La présence de points constitue pourtant un intérêt particulier lorsqu'il y a de fortes différences de texture entre les deux dates (par exemple : fractionnement d'une surface homogène en un ensemble de pixels fortement contrastés<sup>1</sup>).

Un tel caractère correspond alors à des changements ponctuels en grand nombre sur le terrain, révélateurs de la multiplication de petites constructions, le plus souvent de taille inférieure à la limite de résolution des capteurs. Ce type de croissance urbaine est représentatif des quartiers résidentiels à habitat individuel, de tout niveau d'urbanisme, mais plus particulièrement des banlieues populaires (Chimalhuacán, Chalco, Iztapalapa-La Paz...).

---

<sup>1</sup> La précision du recalage géométrique est, dans ce cas, secondaire.

## 4.2. Les grands foyers d'expansion

L'analyse des secteurs de développement confirme que les transformations urbaines les plus importantes se déroulent au sud et à l'est de notre zone d'étude, mais on observe aussi de nombreux changements dans les secteurs anciennement urbanisés.

- au sud : le développement se manifeste dans deux secteurs : Tlalpan et Xochimilco, particulièrement le long des routes qui franchissent l'Ajusco. L'évolution de Padierna, décrite par des groupes de points, doit être interprétée avec davantage de prudence (texture hétérogène dans les deux dates, terrain en relief...). Plus au sud, malgré des pentes parfois très accentuées, de nouveaux quartiers s'écartent des axes routiers, et se répandent dans la montagne. La limite sud de la scène ne nous permet pas d'apprécier l'ampleur de ces extensions.

- à l'est : la Vallée de Chalco est le théâtre de vastes changements dans l'occupation du sol, mais de manière non uniforme. Deux pôles se partagent en effet l'essentiel de l'inflation urbaine du sud-est de l'agglomération : Chimalhuacán et Chalco.

A Chimalhuacán, le développement le plus remarquable se manifeste en demi-cercle, dans la partie ouest du piémont du cerro, de *Las Alamedas* au sud, à *Punta Zanja* au nord. La surface concernée atteint au total 1900 hectares, d'après délimitation sur image. En revanche, aucun mouvement significatif d'urbanisation n'est perceptible sur la demi-circonférence orientale, à part la timide progression de *Guadalupe*. Le quart nord-est de la couronne semble, cependant, constituer une réserve de terre de 500 hectares environ, pour une expansion urbaine future.

A Chalco, d'importantes transformations touchent quelque 1600 hectares, 1800 si l'on inclut les terres agricoles ponctuellement envahies, à l'est de *Unión de Guadalupe*. Bien que moins géométrique et moins homogène qu'à Chimalhuacán, ce secteur de développement s'inscrit également dans un demi-cercle, au nord-ouest de Chalco-centre. La zone de "boum urbain" se localise, donc, entre le village et le rétrécissement de la Caldera, en contact direct avec l'agglomération. Le demi-cercle opposé n'apparaît pas comme un secteur de croissance urbaine.

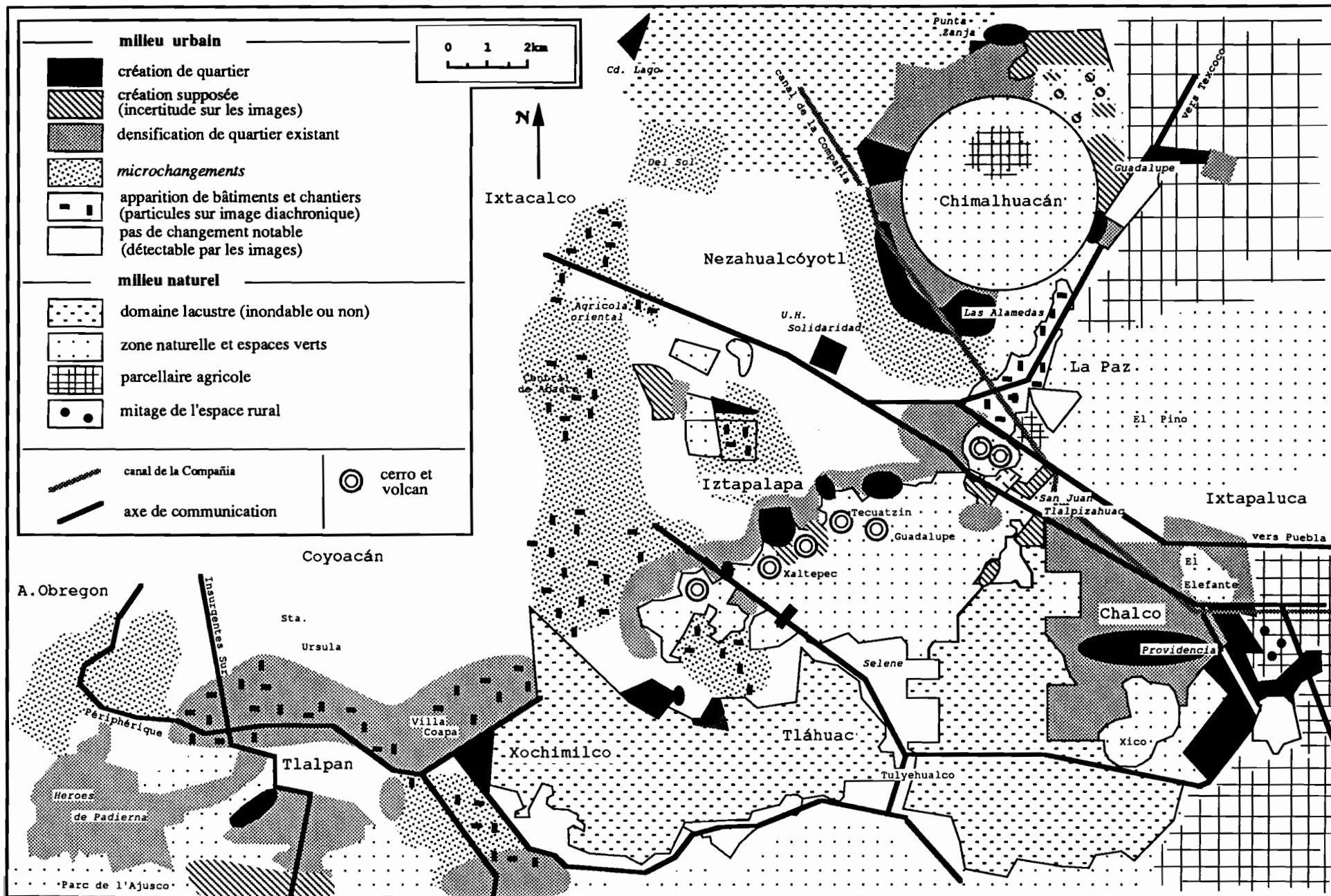


figure 210 : Changements liés à l'urbanisation dans le sud-est de l'agglomération de Mexico, seconde moitié des années 80.



- dans les secteurs d'urbanisation plus ancienne, donc plus proche du Centre, où l'on remarque surtout le type de développement par blocs. Ce type de changements s'observe sur l'ensemble des secteurs déjà urbanisés depuis au moins une vingtaine d'années, mais il est particulièrement net et dense le long d'un croissant qui joint l'est de Nezahualcóyotl, l'est d'Iztapalapa et la partie sud du Périphérique, sur une surface que l'on peut évaluer à 4.500 ou 5.000 hectares (figure 210).

Cette ligne de changements sépare les quartiers centraux anciens de la périphérie plus récente ; son existence est soulignée par le concours de plusieurs facteurs historiques et géographiques :

- la partie du croissant incluse dans les délégations d'Ixtacalco et Iztapalapa correspond à une succession nord-sud de quartiers à vocation industrielle et de services ;
- la situation géographique de ces quartiers dans l'agglomération, par rapport au Centre notamment, correspond à la périphérie de Mexico à l'époque des premières implantations (années 50) ;
- les transformations détectées sur les images correspondent à leur développement et à l'accomplissement de l'urbanisation ;
- la partie sud correspond au développement d'un secteur d'urbanisation entamée plus récemment (fin des années 60, début 70), La haute valeur de son urbanisme et sa situation le long de l'axe rapide du Périphérique, expliquent que ce secteur soit davantage voué aux services et à l'habitat collectif (voir chapitre 4).

Quatre autres secteurs sont caractérisés par ce type de développement : La Paz, Xochimilco, *Los Olivos* et *Sta Maria Aztahuacan* (Iztapalapa) ; ils apparaissent de moindre importance, car d'extension spatiale beaucoup plus modeste.

- à Iztapalapa, au nord-ouest de la sierra Sta Catarina, les changements urbains plus faiblement perceptibles, traduisent surtout une concentration de l'urbanisation le long de la limite de protection du parc naturel. Cette limite résiste plus ou moins fermement, et 350 hectares de la partie sud-ouest du parc semblent constituer un secteur d'urbanisation par expansion du début des années 90 (grossièrement, le triangle formé par les colonies *Lomas de Bellavista*, *Degollado* et *Amplificación Lopez Portillo*).

### 4.3. Cinématique urbaine

La mise en évidence des secteurs de développement nous permet d'étudier les pressions urbaines qui s'exercent dans cette partie de l'agglomération, et les mouvements d'urbanisation qui en résultent. La figure 211 page suivante résume ces aspects.

On remarque en particulier trois grands mouvements dans le sud-est de l'agglomération.

#### 4.3.1. Les mouvements de l'est

- le développement urbain vers l'est depuis Nezahualcóyotl, est canalisé jusqu'au cerro de Chimalhuacán, par la présence du lac au nord. Le El Pino vient en obstacle à cette croissance, et divise la progression de l'urbanisation, en deux "écoulements", de directions nord-est (vers Texcoco) et sud-est (vers Chalco).

- vers le nord-est, nous avons vu que l'urbanisation s'est développée par l'ouest et le nord, au lieu de suivre directement la route de Texcoco en passant par le sud-est puis l'est du cerro. L'existence du *casco urbano* est probablement à l'origine du sens de contournement, pour avoir servi d'appui à la création des quartiers en contre-bas. Les exploitations agricoles de La Paz et Chimalhuacán, dont les *granjas*, ont par ailleurs freiné la colonisation, au profit des terres libres de l'ouest, récemment abandonnées par le lac en retrait.

Ce mouvement de contournement se décompose en sous-mouvements perpendiculaires au principal, puisque les nouveaux quartiers se sont plutôt développés radialement, depuis le *casco urbano*, vers l'extérieur.

- vers le sud-est, le développement urbain a rencontré le même terrain occupé de manière intensive, que celui du nord-est. L'étroitesse du couloir entre la Caldera et El Pino n'a pas permis le contournement de la zone, et les quartiers résidentiels ont ressurgi au-delà de la zone d'activités, dans l'ancien domaine du lac de Chalco. L'urbanisation a donc connu à La Paz une

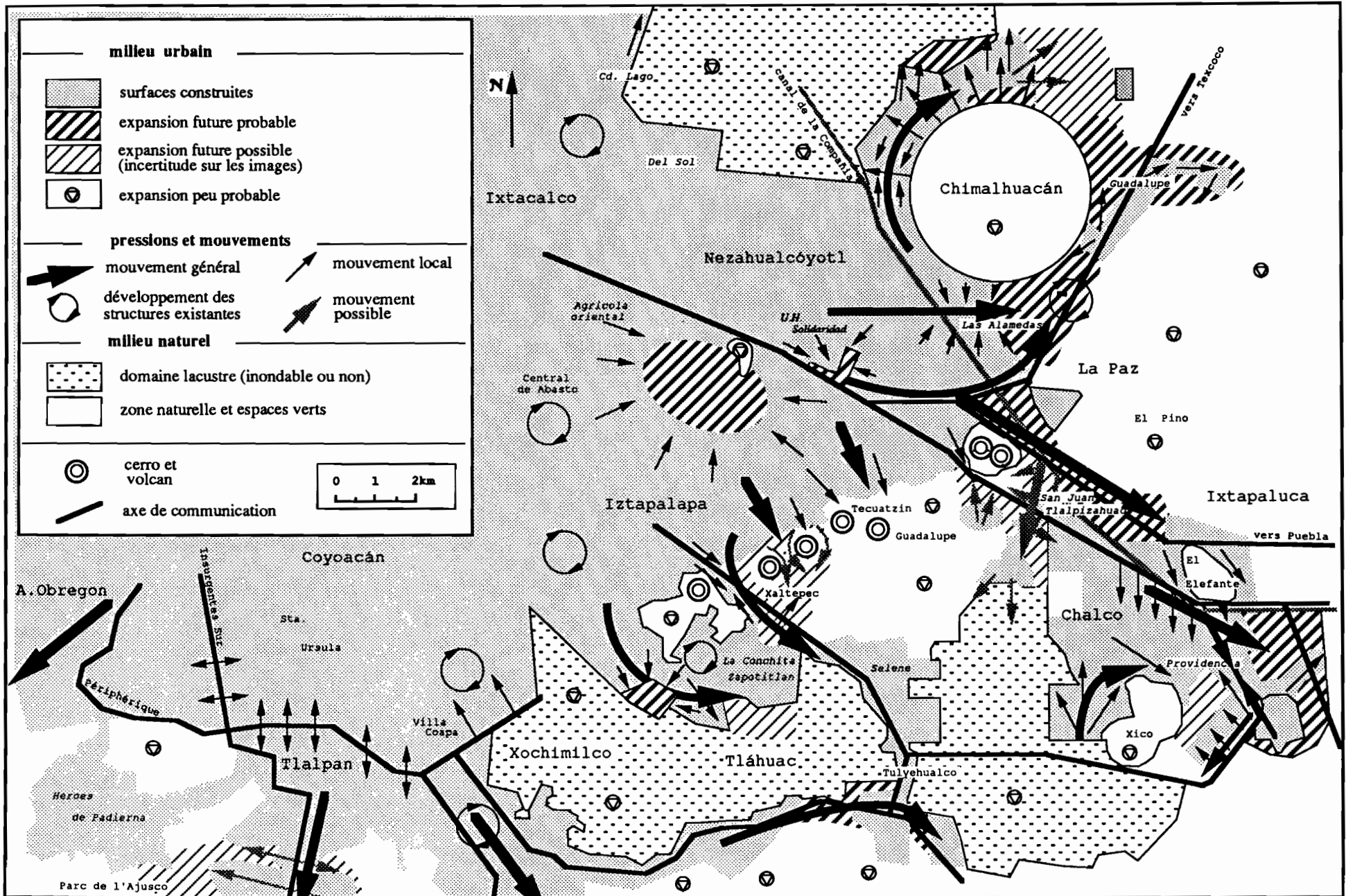


figure 211 : Pressions et mouvements urbains, sud-est de l'agglomération.

discontinuité dans sa progression, qui a donné lieu plus loin à une résurgence, rendue possible par l'existence de deux grands axes de communication.

L'urbanisation s'est ensuite répandue depuis La Paz-Ixtapaluca, vers le sud, répliquant les structures des quartiers résidentiels populaires stoppés au nord.

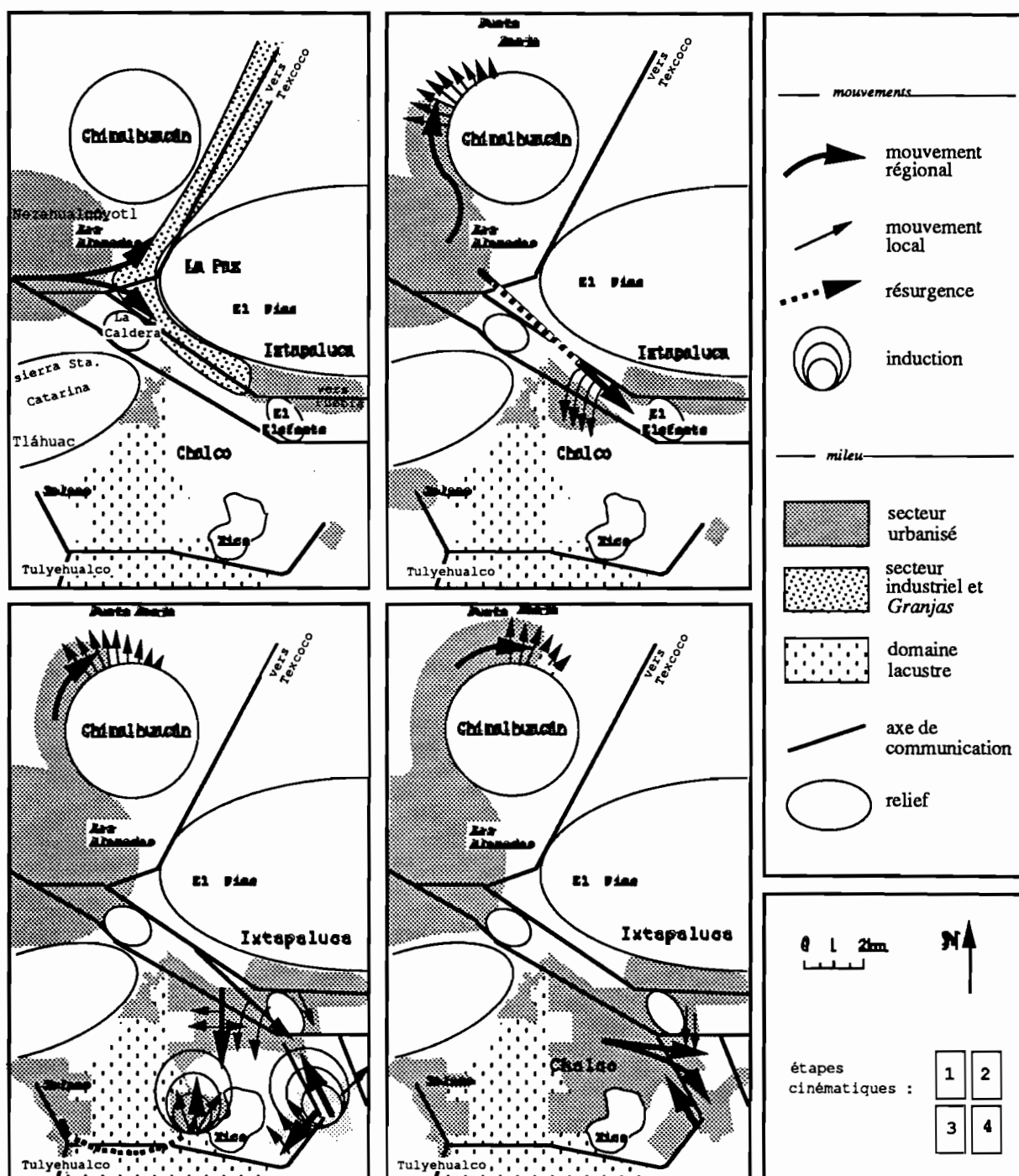


figure 212 : Cinématique de l'urbanisation, à l'est (Chimalhuacán et Chalco).

- la création des nouveaux quartiers de Chalco a commencé par le nord, et nous avons vu que cette urbanisation a induit, par la suite, une croissance à partir du sud-ouest qui va à la rencontre de celle issue de La Paz-Ixtapaluca (image de 89). Cette urbanisation peut également être interprétée comme une résurgence des quartiers de Tláhuac, interrompue par le domaine lacustre, là aussi rendue possible par l'existence d'un axe de communication (route Tláhuac-Chalco).

- le développement du sud-est de Chalco semble suivre un courant composé de deux directions : nord-sud et ouest-est, en relation avec la propre direction de la route Mexico-Puebla.

Cette avancée induit un mouvement de sens inverse issu du Vieux Chalco, et qui vient à sa rencontre, appuyé par un axe de communication (avenida Prestigio).

La figure 212 ci-dessus décompose le mécanisme des mouvements de l'urbanisation orientale. Le développement urbain de Chimalhuacán et de Chalco résulte donc d'un même courant vers l'est, tandis que ceux du sud et d'Iztapalapa sont indépendants.

#### **4.3.2. Les mouvements urbains du sud**

L'urbanisation du sud suit un mécanisme plus classique que celui de l'est : le développement, et en particulier la croissance, s'appuie sur les axes de communication, et se propage sans discontinuité en direction de la montagne et sur ses versants. C'est notamment le cas le long des axes que nous avons évoqués plus haut : routes vers Cuernavaca, et celles vers Santiago Tepalcatlalpan, San Francisco Tlalnepantla...

On fera deux autres remarques sur les mouvements urbains :

- le Périphérique sud s'exerce encore une influence sur le développement des quartiers mitoyens dont il a appuyé la création, 20 ans plus tôt. Les mouvements urbains observés ici

correspondent à un développement marqué par une accentuation des caractères déjà existants, sorte de "mouvement en spirale" par lequel la spécificité du quartier se précise et se détache du contexte urbain, de manière croissante.

- la poussée urbaine en direction des versants paraît nettement plus importante, que l'urbanisation vers l'ouest, le long de la route Xochimilco-Tulyehualco. Nous avons vu dans le paragraphe réservé à la description géographique de Xochimilco (chapitre 4, § 8), que ce couloir assez urbanisé était voué à une densification urbaine, peut-être en amorce d'une future jonction avec Chalco (vers les pueblos San Andres Mixquic et San Martin Xico Nuevo...), et d'un contournement de la montagne par son piémont oriental, vers Milpa Alta. Cependant, l'imagerie satellitaire ne met pas en évidence, de manière nette, un tel mouvement de contournement.

#### 4.3.3. Les mouvements aux confins d'Iztapalapa et Tláhuac

La densification urbaine développée entre 1986 et 1990, engendre une pression élevée, liée au fort gradient de densité, sur les versants nord-ouest de la sierra Sta. Catarina. Une partie de cette pression semble s'échapper par un double contournement, au sud-ouest de la sierra :

- entre les volcans Xaltepec et Yuhualixqui, la zone qui correspond au triangle que nous avons mentionné dans les pôles de développement<sup>1</sup>, avec notamment l'extension de la colonie *La Estación*, et l'invasion éventuelle de la zone naturelle protégée.

- au sud du volcan Yuhualixqui, le mouvement urbain, canalisé au sud par la limite du lac Xochimilco, se matérialise par l'apparition de nouvelles colonies, ou par la densification des secteurs dans lesquels persistaient des discontinuités du tissu urbain. Plus loin vers l'est, le mouvement semble s'essouffler aux portes de *La Conchita Zapotitlan*, et aucune *résurgence* qui

<sup>1</sup> *Lomas de Bellavista, Degollado, Ampliación L. Portillo.*

prolongerait le mouvement au-delà du pueblo, n'apparaît sur les images de 89 ou de 90, par rapport à celle de 86.

La prise en compte de l'ensemble de ces informations semble montrer qu'il existe trois grandes directions de croissance urbaine : nord-est, sud-est, et sud, et que se maintiennent entre ces axes des zones naturelles, comme le montre la figure ci-dessous :

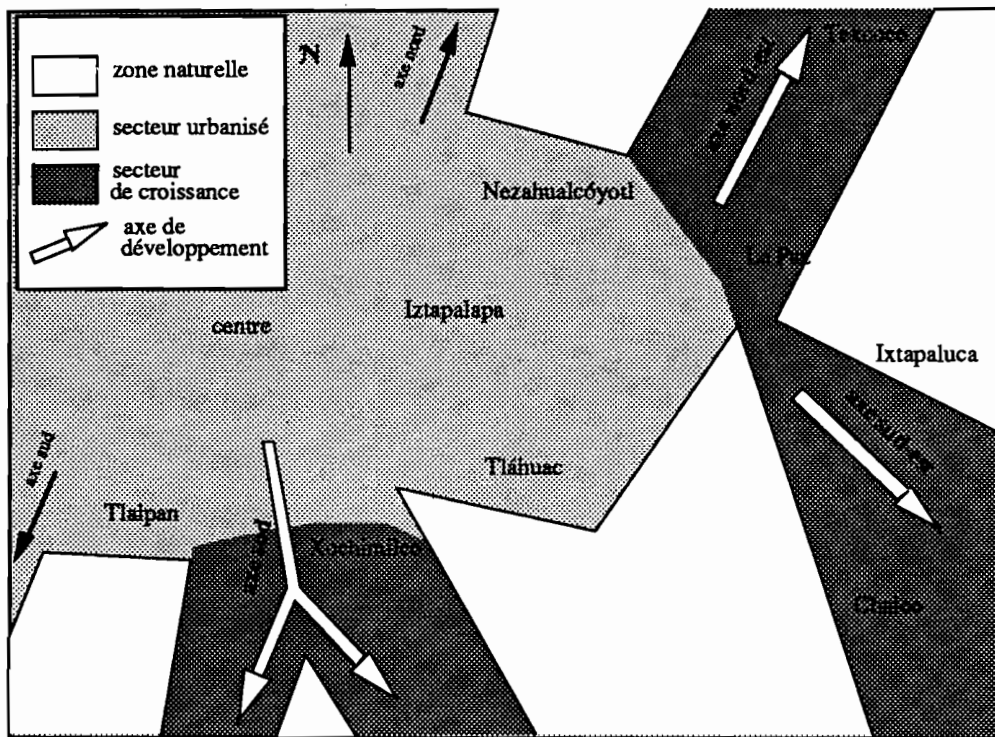


figure 213 : Tendances générales de la croissance dans le sud-est de l'agglomération, au début des années 90 (croquis).

On notera que les secteurs de *Selene* et *Tulyehualco* situés à l'intérieur de la zone naturelle du sud-est ne figurent pas sur ce croquis, parce qu'ils n'ont pas de développement décelable. Situés hors des axes de développement, leur croissance paraît se limiter à de microchangements.

#### 4.4. Urbanisation et milieu naturel

La figure 214 présente une synthèse de la situation du milieu naturel face à l'urbanisation, telle que l'analyse des images SPOT permet de la diagnostiquer. On remarque globalement une certaine stabilité des limites urbaines.

Notons toutefois :

- la présence d'un certain nombre de ZEDEC aux limites des zones naturelles, notamment sur le flan nord-ouest de la sierra Santa Catarina. Ces zones peuvent représenter une menace pour leur environnement, si le contrôle de l'urbanisation n'est pas effectif ;
- l'ampleur des surfaces destinées à la construction par les Plans d'occupation du sol, en particulier à Chimalhuacán ;
- l'existence d'une urbanisation non prévue (illégal ?) par le Plan d'occupation du sol défini dans les années 80, décelable dans des zones naturelles protégées ou réservées à l'activité agricole ;
- l'importance des surfaces normalement prévues pour un usage non-urbain, mais menacées pour leur situation par rapport aux mouvements de développement. La plupart d'entre elles se traduisent d'ailleurs par une information satellitaire diachronique confuse ;
- des travaux d'aménagement des zones naturelles vouées à une exploitation touristique ou de loisirs (lac de Xochimilco).

Le dépôt d'ordures de la Caldera nous est apparu en pleine activité, tandis que ceux qui longent le Bordo Xochiaca, au nord de Nezahualcóyotl, restent peu visibles ou se confondent avec la zone lacustre.





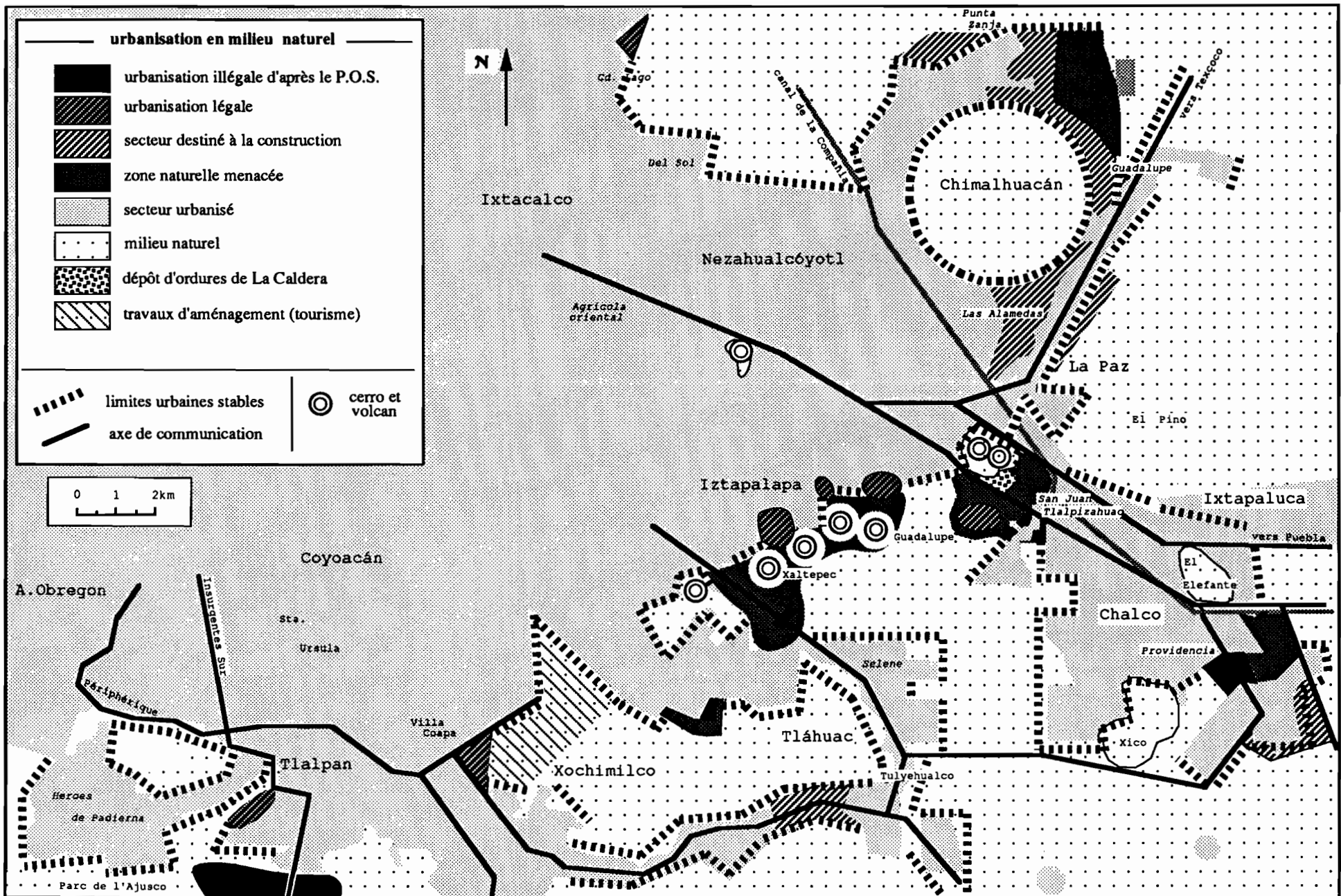


figure 214 : Etat des zones de contact ville/milieu naturel.

Nos investigations se sont basées, dans ce chapitre, sur des documents diachroniques établis à partir des différences radiométriques. L'information produite par la méthode s'est révélée d'une grande richesse, mais elle requiert, pour son interprétation, la prise en compte de la différence de qualité des images. Il serait possible d'améliorer le recalage radiométrique en développant des méthodes appropriées (par exemple : retour aux radiométries initiales). Dans ce cas, il serait possible d'envisager un traitement systématique de l'information diachronique, du même ordre que celui appliqué à nos images initiales, analyse et classifications, pour une caractérisation plus automatique et plus précise des changements, leur nature, les surfaces concernées, suivie d'une extraction des types de changements et de leur description radiométrique, texturale, granulométrique... sur l'image.

Par les apports thématiques qu'elle a d'ores et déjà présentés, la méthode mériterait de telles améliorations.

En l'état actuel de la méthode, nous avons pu montrer qu'il était possible d'étudier point par point les différences apparaissant entre les deux images, qui correspondent, pour certaines, à des changements urbains réels survenus au sol entre deux dates. Nous avons identifié divers types de transformations d'après l'information diachronique issue de l'image : construction de grands bâtis, d'ensembles et d'infrastructures, création de quartiers, apparition ou disparition de chantiers, densification de la couverture urbaine, dégradation du sol due à une urbanisation occulte, modifications de l'état de la végétation urbaine... L'information diachronique liée aux variations saisonnières, gênante dans l'approche proposée au chapitre précédent, n'a pas présenté ici de difficulté.

Cette étude à l'échelle élémentaire nous a également amené à constater que le développement urbain ne concerne pas seulement les secteurs de banlieue, comme on aurait pu le croire trop rapidement, mais touche aussi des quartiers plus "profonds" de la ville, plus anciens et intégrés depuis longtemps à l'agglomération. Ce développement consiste essentiellement en un comblement des interstices qui restent sans construction à l'intérieur-même d'un territoire urbain dense. Dans certains cas, le développement correspond plutôt à une réhabilitation ou un

remplacement d'anciens secteurs mal consolidés et dégradés, par un urbanisme qui profite d'une situation désormais plus centrale, et qui répond davantage aux nécessités de la vie moderne.

Le développement d'expansion à proprement parler concerne au contraire les marches de l'agglomération ; cette croissance présente de grandes disparités dans sa répartition spatiale et dans son intensité. Les différences observées, qui peuvent être mise en liaison avec celles plus traditionnelles de la morphologie ou de l'activité (résidentielle, industrielle...), nous invitent à évoquer plusieurs types de périphérie du seul point de vue de leur dynamique : la périphérie immobile et la périphérie active. La première se localise plutôt à Nezahualcoyótl, Tláhuac, et Tlalpan, tandis que la périphérie active se détecte surtout à Chimalhuacán, La Paz, Chalco, ainsi que dans certains secteurs d'Iztapalapa, Xochimilco et Tlalpan. Certains secteurs destinés, selon le Plan d'occupation du sol, à l'activité agricole ou à la protection écologique sont menacés de colonisation, en particulier à Chalco.

Ces observations nous ont permis enfin d'évoquer une cinématique urbaine qui met en évidence, dans notre zone d'étude, deux flux principaux d'urbanisation : vers le nord-est par le contour du cerro Chimalhuache, et vers le sud-est, le long de l'autoroute Mexico-Puebla.

Les mouvements supposés au sud, le long de la route Mexico-Cuernavaca, nous sont restés invisibles. D'autres incertitudes persistent également à l'extrême avancée orientale du flux d'expansion par Chimalhuacán, ainsi que sur les limites nord-ouest et sud-ouest du site protégé de la sierra Sta. Catarina. Si aucune conclusion ferme ne peut être dégagée, l'étude attire du moins l'attention sur ces secteurs.

## Conclusion de la 4ème partie

Les recherches menées dans cette quatrième partie ont atteint un double objectif : la mise en évidence de relations entre certains caractères de l'image et l'information de terrain, d'une part, l'analyse de certains aspects du développement urbain, d'autre part.

Les relations entre le terrain ont rendu possibles une caractérisation géographique des quartiers plus précise que celle issue de l'information exogène classique. Les six types de paysages urbains déterminés sur le terrain ont trouvé correspondances avec les classes d'image déterminées d'après les couleurs et la texture. Nous avons toutefois remarqué que les quartiers étaient répartis de manière sélective, en fonction de la nature et l'état du sol, lorsque celui-ci est encore très visible (faible densité de bâti). Il semblerait donc particulièrement intéressant de recueillir des informations plus précises sur la couleur du sol, spécialement lorsqu'il est humide en permanence (horizon à gley à faible profondeur : Tláhuac, Chalco-sud...), de même que sur l'état de la végétation.

L'aspect dynamique urbaine de notre problématique a, quant à elle, nécessité le développement de méthodes d'études diachroniques qui permettent la comparaison des caractères d'images acquises à quatre ans d'intervalle et rendues assez différentes par une inégalité dans la qualité des enregistrements, cumulée à un fort décalage saisonnier. Les changements observables à partir de ce décalage "écrasent", en effet, par l'amplitude des modifications radiométriques et leur grande extension spatiale, les événements plus fins et discrets en relation avec le développement urbain.

Une étude diachronique par régions met surtout évidence les changements en milieu naturel liés à la végétation dont l'état est lui-même en relation au cycle des pluies. Toutefois, des changements d'origine urbaine d'une ampleur comparable ont pu être décelés par cette méthode

à petite échelle. Il s'agit des grands mouvements d'urbanisation, en particulier sur sol clair et sec, observables à Chimalhuacán et aux confins de Nezahualcóyotl et Iztapalapa. Les changements relevés correspondent à deux étapes différentes que la méthode discrimine bien : le déclenchement d'un processus d'urbanisation à Nezahualcóyotl dont on détecte l'impact destructeur sur le sol, une densification urbaine à Chimalhuacán développée sur un secteur déjà envahi en 1986, mais qui n'était visible sur l'image qu'indirectement .

Un troisième secteur nous est également apparu : celui de Renovación, plus à l'intérieur de l'agglomération.

La comparaison visuelle des images des deux dates montrent cependant de nombreuses différences d'extension spatiale beaucoup plus réduite que celle prise en compte par cette première étude. Nous avons donc cherché à créer une image diachronique qui mette en évidence les changements point par point. Nous avons ainsi pu étudier de nombreux événements survenus notamment : dans le centre de l'agglomération, autour de l'aéroport, à l'extrémité orientale de Nezahualcóyotl, sur les zones de contact entre les secteurs urbanisés et la sierra Sta. Catarina, à La Paz, le long du Périphérique-sud et sa prolongation est, à Xochimilco, à Tláhuac et enfin à Chalco.

Outre ces *zones urbaines sensibles* clairement mises en évidence, les images nous ont permis de localiser des *secteurs de doute* où l'information diachronique reste confuse, que ce soit par la discrétion des changements, ou bien à cause de mauvaises conditions d'observation (sol sombre : faible contraste). Dans ces cas incertains, l'information diachronique peut motiver des recherches plus approfondies (autres méthodes de traitements d'images, enquête sur le terrain, analyse de photo aériennes...). Une telle démarche mériterait d'être adoptée pour les cas suivants, entre autres : extrémité nord-est du *casco urbano* à Chimalhuacán, versants nord-ouest et ouest de la sierra Sta. Catarina, zone sud de la Caldera et Sta. Catarina-village, versants de l'Ajusco, en particulier le long de l'autoroute Mexico-Cuernavaca, secteurs de Tulyehualco, secteur agricole au nord-est et secteur nord-ouest de Chalco-village, colonies au nord et au nord-est du cerro Xico...

L'ensemble de ces observations a ensuite permis de dresser une synthèse du développement urbain du sud de l'agglomération. Nous avons en particulier essayé de mettre en évidence les flux d'urbanisation et les secteurs de pression urbaine et nous avons pu confirmer que la croissance suivait de préférence les grands axes de communication : vers Texcoco, vers Puebla, vers Tulyehualco et les deux routes vers Cuernavaca. De là, nous nous sommes interrogé sur l'impact de ce développement dans les milieux naturels agricole et lacustre.

Enfin, nous avons pu faire un certain nombre de remarques d'ordre général à propos des changements urbains et de leurs manifestations sur les images satellitaires.

La finesse de l'information obtenue sur les images diachroniques nous a permis, en particulier, l'identification de types de changements, ou du moins les différentes formes que les changements urbains peuvent revêtir sur ce type d'image : points, particules, linéaments, taches, associations diverses... Les *couleurs des changements* aident à l'interprétation de ce type de document, selon une démarche comparable à celle utilisée pour l'interprétation d'une composition colorée instantanée, mais en tenant compte de la méthode de création de ces informations. Une étude systématique de ces particules pourrait être envisagée à l'aide de méthodes d'analyse morphologique des images (morphologie mathématique).

Il est également apparu que les caractères des changements sont souvent proches des caractères des objets ou des surfaces initiales, en d'autres termes qu'il existe des correspondances entre les caractères instantanés et les caractères diachroniques. Les changements observés concernent donc surtout un développement plutôt qu'une transformation. Celle-ci correspond le plus souvent un changement de l'occupation du sol d'un type en un autre (milieu rural en milieu urbain...).

On fera également remarquer que les contours des types de changements correspondent fréquemment à ceux de nos régions d'étude ; cela signifie que les quartiers délimités et identifiés selon leurs caractères instantanés sur l'image correspondent dans un certain nombre de cas aux secteurs délimités et identifiés selon leurs caractères dynamiques exprimés par les images diachroniques.

L'information multitemporelle semble enfin nous montrer qu'il existe plusieurs développements simultanés, plus ou moins visibles et prestigieux : le développement de l'activité moderne qui fait suite à l'activité traditionnelle ou informelle, le développement de l'urbanisme de qualité qui chasse l'urbanisme empirique, le développement des infrastructures qui élimine les réseaux vétustes et réorganisent l'espace et, bien entendu le développement d'expansion qui résulte pour partie de cette succession de poussées avec l'extérieur... Une étude détaillée sur la répartition spatiale de ces différents types de développement permettrait sans doute certains contours de l'agglomération identifiés par d'autres voies de la géographie urbaine (voir chapitre 2).



# Conclusion

---

Au cours de ce travail, nous avons étudié certains aspects urbains du sud-est de l'agglomération de Mexico et de son développement dans la seconde moitié des années 80. L'exposé des conditions géographiques et des circonstances d'un travail scientifique dans ce domaine, nous a amené à choisir la télédétection Haute Résolution comme principal moyen d'investigation. L'exploitation des données satellitaires n'a pu être menée qu'après leur préparation et leur adaptation en documents utilisables. Parmi les multiples voies offertes par le traitement d'images, nous avons opté pour une démarche simple basée sur la construction et l'exploitation des informations contenues dans une composition colorée. Nous avons en effet montré que ce type d'image présente plusieurs intérêts :

- la simplicité des traitements d'image et de leur enchaînement qui réduit les manipulations et évite l'emploi de méthodes complexes ; un tel aspect représente un avantage certain dans le cadre d'un transfert de technologie, puisqu'il évite à l'utilisateur la formation longue et coûteuse requise par des méthodes plus sophistiquées ;
- la synthèse qui mène à la construction de la composition colorée conserve une grande richesse d'informations exploitables à diverses échelles et pour l'ensemble des objectifs thématiques ; l'information initiale de radiométrie et de morphologie se retrouve dans ce type d'image et offre des possibilités analogues dans les types de recherche ;
- l'excellent rapport niveau de simplicité/richeesse de l'information ;
- la mise à la disposition du géographe d'un document graphique pour une analyse visuelle détaillée, au même titre que les documents classiques qu'il est habitué à manipuler, tout en conservant...



- ...la nature numérique de l'information qui permet d'une part, l'automatisation des traitements, la manipulation en masse des données, l'extraction ou la transformation d'informations particulières... et d'autre part, l'analyse objective des divers composants de l'image et leur caractérisation, l'élaboration de statistiques et de classifications, la superposition et l'intégration avec d'autres informations...

Ces qualités se cumulent à celles de l'information numérique, en général : grande quantité d'information contenue dans un faible volume, standardisation, indestructibilité intrinsèque, reproductibilité à l'infini sans déformation...

Nous avons utilisé ces avantages, en premier lieu pour une analyse visuelle sur écran couleur de la composition colorée de 1986. Cette étape irremplaçable nous a permis de déterminer les conditions dans lesquelles s'est déroulé par la suite l'ensemble de notre étude satellitaire : mise en évidence des caractères de l'image (types et organisation spatiale des couleurs), choix des critères pour l'analyse systématique ultérieure (couleur et texture), zonage de l'aire d'étude en 51 régions.

Ce travail, typiquement de télédétection, a été mené en relation permanente et étroite avec notre problématique, et une première interprétation géographique a permis d'établir des liens entre certains caractères d'image et des caractères de terrain. Nous avons également établi, par l'analyse visuelle, que les secteurs urbanisés ne sont pas directement décelables lorsqu'ils sont constitués de petits bâtis dispersés, mais qu'on peut en deviner la présence par l'observation de leur impact sur l'environnement, sous certaines conditions de contraste ; nous avons qualifié d'*occulte* ce cas d'urbanisation. L'analyse de l'environnement, en particulier la dégradation de la végétation, du sol et la désorganisation des structures du parcellaire agricole, nous est alors apparue comme partie intégrante d'une analyse péri-urbaine, au même titre que l'analyse des infrastructures urbaines elles-mêmes. Il en ressort que notre problématique et les conditions de notre recherche n'acceptent pas de limites entre l'objet urbain à étudier et l'objet non urbain que l'on n'étudierait pas.

Par la suite, l'analyse statistique a confirmé cette constatation. Les analyses de données appliquées sur les caractéristiques de couleurs et de texture ont en effet montré l'étroite intégration des caractères des milieux urbain et naturel pour les quartiers périphériques. L'étude a par ailleurs mis en évidence les grandes structures de la composition colorée, et nous avons montré qu'elles correspondent clairement à des structures thématiques intéressantes. Nous avons alors identifié les caractères géographiques qui trouvaient une correspondance particulière sur l'image, et nous avons associé les caractères des thèmes avec ceux de télédétection.

De telles relations ont été précisées et formalisées à l'aide de classifications selon les caractères d'image. Nous avons montré que la méthode la plus efficace pour tenir compte de l'information de couleur et de texture à part égale, consiste à réaliser des classifications séparées, puis à croiser les partitions résultantes. L'utilisation des coordonnées factorielles issues des Analyses des Correspondances complète l'architecture méthodologique de l'ensemble et assure une trajectoire logique à la démarche. L'interprétation des classes obtenues est par ailleurs facilitée par la connaissance de l'espace factoriel dont elles sont issues.

Nous avons alors été en mesure de discriminer les secteurs urbains et de constituer une image urbaine. A partir de celle-ci, nous avons approfondi l'étude des quartiers par une nouvelle étape de classification qui a rendu des résultats plus pointus, affinés par la superposition du Plan d'occupation du sol à l'image. La méthode met ainsi en évidence six grands types de quartiers selon la densité de l'urbanisation, la nature et l'état de l'environnement, la présence et l'état de la végétation et, éventuellement, la densité et la nature du bâti.

La connaissance géographique générale, concernant en particulier les dates de création des quartiers, permet d'imaginer la trajectoire de ces secteurs en termes de caractères image ; ceux-ci se transforment avec le développement de l'urbanisation, en fonction des propres caractères du milieu initial et du type de quartier vers lequel le secteur évolue. On remarque une fois encore que la nature du sol et la présence de la végétation détermine la situation de départ du futur quartier, et que la structuration progressive du paysage le déplace vers un secteur ou un autre des espaces étudiés (factoriel ou des classifications).

Une connaissance plus rigoureuse et détaillée des paysages urbains nous est apparue nécessaire. L'enquête de terrain a permis d'apporter une information *urbanométrique* précise et objective, à partir de laquelle il a été possible d'étudier statistiquement les quartiers d'après leurs constituants visibles. Nous avons alors dressé une typologie des formes d'urbanisation sur des critères liés, entre autres, aux matériaux, à la végétation, à certaines caractéristiques du bâti et de l'inter-bâti, au dynamisme urbain. Six grands types de paysages ont été identifiés et décrits avec précision ; nous avons pu ainsi confirmer la précarité des quartiers de l'est de l'agglomération, et les données quantitatives ont permis d'apprécier la faiblesse des équipements, la petite taille et la dispersion du bâti, la forte proportion de matériaux légers utilisés dans la construction, le puissant dynamisme urbain révélé par le nombre important de chantiers. Nous avons également pu identifier et caractériser certains quartiers typiques : quartiers industriels, résidentiels populaires consolidés, résidentiels de luxe, quartiers multifonctions.

Si la forme carrée des zones d'enquête garantit une certaine invariabilité des conditions de relevés, il semble que la taille de 1.280 m de côté soit excessive. Il serait sans doute plus intéressant d'enquêter sur des surfaces égales au quart de celle des zones actuelles et, en contrepartie de multiplier leur nombre, par exemple par deux. Pour un volume d'information inférieur de la moitié, on obtiendrait une meilleure ventilation statistique de la diversité des quartiers, à une échelle qui reste compatible avec celle de l'information satellitaire (carrés de 32 pixels de côté, soit des surfaces de 1.024 pixels ce qui permet encore une bonne appréciation de la texture). La méthode par transect apparaît comme une méthode valable pour la description des paysages urbains ; il serait intéressant de comparer les résultats obtenus par ce moyen avec des informations par surface et d'établir des relations entre ces deux modes de description dans le but, par exemple, d'estimer la quantité de surface bâtie ou végétalisée à partir de relevés linéaires.

Nous avons également observé que les différences saisonnières marquées par l'état de la végétation contraignent à limiter la durée de ce type d'enquête à une période courte et météorologiquement stable de l'année. A Mexico, la période la plus propice aux relevés semblent se situer en début de saison sèche, durant les mois de novembre et décembre. Il convient en tous cas d'éviter les périodes "à cheval" sur les deux saisons.

Des relevés régulièrement répartis dans le temps, semestriels par exemple, permettraient de suivre l'évolution des quartiers que nous avons mesurés. Il serait alors possible de mettre en évidence, de manière précise, les processus d'urbanisation et de structuration des zones d'invasion en ville, de calculer la vitesse d'urbanisation, de propagation du bâti et de sa consolidation. Par analyse des caractères d'espace et de temps, de telles observations pourraient conduire à une modélisation de la dynamique urbaine des quartiers pauvres, ce qui représenterait un intérêt certain dans la connaissance mais aussi dans la gestion des mouvements d'urbanisation.

Enfin, la démarche a mis en évidence la fragilité, voire l'absence, du vocabulaire décrivant la diversité urbaine. Nous avons suggéré la mise au point d'un langage apte à désigner et à décrire les objets urbains, extérieurement à toute discipline, sur des critères de paysage visible, et éventuellement, en relation avec d'autres méthodes de mesure et d'analyse, comme celles utilisées par les Systèmes d'Information Géographique.

Nous avons ensuite mis en relation les résultats de l'enquête de terrain avec l'image de 1989. La superposition des catégories de quartier avec les types de secteurs d'image a permis non seulement de confirmer les premières interprétations issues de l'analyse des données de 1986, mais encore d'approfondir les rapports entre les caractères de l'image et ceux du terrain.

Il a également été montré la nécessité de prendre en compte la couleur du sol nu dans les relevés de terrain ; l'absence de cette information dans notre enquête n'a pas permis de recouvrir certaines distinctions apparues à partir de l'image. La différence de saisons entre la date d'acquisition des données satellitaires (décembre) et celle des relevés de terrain (avril-août) a constitué un handicap pour un ajustement systématique précis dans la correspondance des classes d'image avec les classes de terrain.

L'étude diachronique à petite échelle a clairement mis en évidence ces différences saisonnières, en particulier dans les régions sud de l'image qui correspondent au domaine lacustre Xochimilco-Tláhuac-Chalco. Les changements liés à la végétation sont de loin les plus spectaculaires, ce qui est normal puisqu'une partie de l'information satellitaire SPOT (canal 3) est expressément destinée à l'étude de la végétation.

Des changements urbains perceptibles à petite échelle apparaissent tout de même, mais plus tenus et discrets, en étendue spatiale comme en intensité. Ces changements sont essentiellement liés à la dégradation du sol d'une urbanisation occulte comme celle rencontrée au nord et au sud d'Iztapalapa, au nord-est du *casco urbano* à Chimalhuacán, à Chalco. Les modifications observées peuvent également être liées à la densification du bâti telle qu'il s'en rencontre de manière particulièrement nette dans le *casco urbano*, à l'extrémité est de Nezahualcóyotl, ou sur les flancs occidentaux de la sierra Sta. Catarina, ou encore à Xochimilco, à Chalco, etc...

Pour spectaculaires qu'ils soient, ces changements brutaux et d'envergure ne correspondent qu'à une partie du développement urbain observable sur images SPOT. Il existe en effet d'autres types de changements que, seule, une étude à grande échelle permet de mettre en évidence. Nous avons donc créé une image diachronique basée sur les variations des réponses radiométriques point par point entre les deux dates tout en respectant les spécificités éventuelles de ces variations selon les canaux. Un complément d'information nous est venu de l'observation des variations locales de texture d'image. Nous avons ainsi construit une carte des changements survenus dans la zone d'étude à l'échelle élémentaire, quelle que soit l'origine thématique de ces changements et leur traduction sur les images.

Un tel document a permis de révéler la surprenante vitalité de l'ensemble de l'agglomération : le développement urbain ne se réduit pas, en effet, à la simple croissance spatiale de la périphérie. Il est aussi un ensemble volumineux et complexe de changements en tout endroit de l'agglomération, y compris dans les secteurs les plus anciens et les mieux urbanisés de la ville. Partout, on observe création d'équipements et d'infrastructures, ouverture et achèvement de chantiers, apparition et agrandissement de constructions, création ou aménagement de quartiers, densification du bâti, disparition de friches... en grand nombre et en grande diversité. Aux transformations liées au développement s'ajoutent les changements correspondant à la cicatrisation des dégâts subis dans le Centre de l'agglomération lors du tremblement de terre de septembre 1985.

Ces constatations semblent suggérer que les changements urbains *intramuros* sont plus importants que ceux observables dans les périphéries sud et est. L'analyse nous a révélé que ces transformations sont, en réalité, de nature différente d'ailleurs en intime relation avec la nature propre des objets qu'elles concernent. Nous avons en effet distingué les caractères

diachroniques des caractères instantanés de façon à différencier l'événement de l'objet qui en porte la marque.

Selon leur nature radiométrique, leur extension spatiale et leur forme, nous avons en effet identifié les changements et nous les avons mis en relation avec des événements urbains précis. Ainsi, ceux, par exemple, constitués de micro-modifications, indécélables individuellement, mais visibles lorsqu'ils se produisent en grand nombre sur de vastes surfaces. De tels changements correspondent au développement des quartiers populaires périphériques (Chimalhuacán, Chalco...); leur éventuel alignement montre la future organisation spatiale du quartier. De surface plus restreinte mais localisables individuellement, les changements caractérisés par des particules concernent au contraire le bâti ou les infrastructures de grande taille, apparus ou en chantier; un essaim de telles particules traduit la création d'un ensemble résidentiel ou d'une zone industrielle (Périphérique sud, Iztapalapa, La Paz...).

La mise en évidence de la disparition de la végétation sous les effets de l'urbanisation n'a guère été possible dans la mesure où les différences saisonnières ont agi en faveur de son développement à la seconde date par rapport à la première. En revanche, l'observation de la dégradation du sol fournit une indication intéressante aux caractères à peu près constants.

La localisation exacte des changements et leur délimitation a permis de dresser une analyse quartier par quartier, et de préciser l'étendue des superficies concernées par ces changements, en particulier la surface des terres gagnées à l'urbanisation. L'accumulation de ces observations locales a rendu possible la réalisation d'une synthèse sur le développement du sud-est de l'agglomération. Nous avons en particulier mis en évidence les flux d'urbanisation en fonction du contexte géographique : reliefs, lacs et domaine agricole. On observe notamment que la poussée vers l'est depuis Nezahualcóyotl est freinée et semble hésiter à franchir la route Mexico-Texcoco; la pression est déviée en deux flux : le premier vers le nord, avec le contournement du cerro de Chimalhuacán, et le second vers le sud-est à Chalco.

Nous avons établi que l'urbanisation de ce dernier secteur ne procède pas *conduction*, mais par *induction*, c'est-à-dire que la progression du bâti "saute" un obstacle et reprend plus loin sans contact direct avec l'agglomération. A Chalco, on observe la juxtaposition et l'interaction de différents processus : une double induction et une convergence des flux qui en découlent (au

nord vers le sud, puis au sud-ouest vers le nord), un phénomène de conduction le long de l'autoroute Mexico-Puebla, des poussées de croissance à partir du village avec conduction le long d'axes de communication locale, des points de mitage du domaine agricole... Dans le cas de Chalco, nous avons développé un rapprochement des changements observés avec le modèle de croissance urbaine par *métropolisation* proposé par J. Delgado, et nous avons envisagé la coïncidence de deux processus d'urbanisation : la croissance-fourmi et la conurbation.

A l'intérieur de l'agglomération, il existe également des cas de croissance caractérisés par le *comblement* de poches restées vierges d'urbanisation (Iztapalapa, contact Nezahualcóyotl-La Paz, Tlalpan...).

Vers le sud, la nature du sol rend difficile la détection d'un développement urbain, et la croissance supposée sur le versant de l'Ajusco, en particulier le long de la route Mexico-Cuernavaca, reste pratiquement invisible selon notre méthode. Dans d'autres situations (versants ouest et sud de la sierra Sta. Catarina), on ne saurait avoir la certitude que les modifications observées sont liées à une avancée des limites urbaines. Pour lever le doute, ces secteurs nécessiteraient un traitement d'image particulier, leur extraction, par exemple, et la recherche de bornes mieux adaptées pour la création d'une composition colorée qui mettrait en évidence les détails plus fins qu'ils contiennent. En l'état, nos travaux font du moins ressortir des incertitudes et les localisent ; loin de représenter une lacune, ces imprécisions constituent au contraire une information utile pour d'éventuels utilisateurs en aidant à orienter des recherches complémentaires et à délimiter les secteurs à enquêter.

La méthode proposée ici apparaît donc comme une première étape dans la connaissance des mouvements urbains entre deux dates. On peut envisager sa prolongation par une amélioration des conditions observations des images (études séparées de cas particuliers, renforcement des contrastes...), puis par une troisième étape constituée d'observations de terrain très ciblés sur des secteurs précis.

La méthode utilisée est donc en mesure de fournir des informations précises sur l'état de l'urbanisation, sur son développement et sur son impact dans l'environnement, à l'usage des chercheurs et des pouvoirs publics. Elle n'a pas seulement produit des réponses précises à certains éléments de notre problématique, elle incite aussi à poursuivre le travail, tant sur les

aspects méthodologiques que sur la connaissance de la ville de Mexico elle-même avec, par exemple, une généralisation des méthodes développées ici à l'ensemble de l'agglomération.

L'exploration de la première image a nécessité de nombreux mois de travail ; l'exploitation de la seconde date n'a demandé que quelques jours... La méthode de construction de l'image diachronique mise au point, ~~elle~~ est désormais possible de produire des documents graphiques en quelques heures et d'en extraire rapidement des informations utiles et concrètes. De telles performances à coûts réduits ne sont possibles qu'avec des données de télédétection, et en font un outil irremplaçable.

Mais l'imagerie satellitaire n'est pas seulement une technique de production rapide d'information ; par la richesse de celle-ci et ses multiples possibilités d'intégration dans l'espace et le temps, c'est aussi un outil puissant qui permet l'analyse en profondeur des phénomènes observés, la mise en évidence des mécanismes qui structurent l'espace et le font évoluer, l'exploration des interactions entre les milieux, la conduite de réflexions nouvelles tournées sur les questions d'aujourd'hui et de demain...

L'automatisation du traitement des données peut augmenter la rapidité de la production d'information, mais elle a ses limites et le rôle du thématicien reste déterminant à chaque étape du processus. Il lui appartient en effet de réintroduire un tri et une hiérarchie de l'information utile ; la hiérarchie de l'information produite numériquement est en effet différente de celle qui l'intéresse : l'intérêt thématique n'est évidemment pas fonction directe des valeurs numériques. Une optimisation de l'outil de télédétection semble impliquer un dialogue permanent entre l'outil, les méthodes d'exploitation de cet outil, la problématique, l'information exogène et la démarche, à un niveau d'intimité tel, qu'il paraît difficile de séparer le télédécteur du thématicien.

L'observation de l'urbanisation depuis l'espace est donc appelée à se développer dans le sillage des technologies qu'elle requiert : la NASA étudie déjà l'urbanisation et l'industrialisation de l'espace lui-même (O'Neill, 1978) et a récemment signé un accord avec les Ciments Lafarge pour la mise au point d'un béton lunaire...



# Glossaire

---

**autoconstruction** : (de l'espagnol *autoconstrucción*) processus par lequel le propriétaire d'un terrain bâtit sa maison lui-même, ou avec un apport extérieur très réduit. L'autoconstruction se caractérise par la faiblesse des moyens mis en oeuvre, une construction par étapes, des défauts de conception et de réalisation...

**baldio** : (espagnol) terrain vague.

**caractère diachronique** : caractère de la différence entre deux caractères instantanés d'un même objet mesuré à deux dates différentes ; caractère du changement, indépendamment des caractères propres de l'objet.

**caractère instantané** : caractère propre de l'objet à l'instant de la mesure (taille, forme, couleur...).

**carton-ville** : dans ce travail, quartier de constructions précaires essentiellement construites de tôles de carton, de petite taille, caractéristique des périphéries *spontanées* de Mexico, et qui marque la première étape de création d'un secteur populaire autoconstruit.

**cel** : objet urbain Construit en ELévation.

**chinampas** : jardins réalisés au milieu des eaux permettant la culture de légumes, de maïs ou de fleurs, desservis par un réseau de canaux (Aguilar, 1982). Il en existe encore quelques vestiges à Xochimilco (voir également chapitre 4, § 8).

**ciudad central**: (ville centrale) centre de Mexico, contenant le centre historique, formé des quatre délégations B. Juarez, Cuauhtemoc, M. Hidalgo, V. Carranza.

**ciudad perdida**: (espagnol) bidon-ville occupant illégalement les interstices du tissu urbain ou s'établissant aux limites de la périphérie.

**colonie** : (de l'espagnol *colonia*) quartier ; division urbaine administrative caractérisée par une certaine identité géographique et formant communauté dans ses caractéristiques historiques (notamment sa date et son mode de création, et son développement), morphologiques et dans le niveau socio-culturel de ses habitants.

**colonos** : (espagnol) habitants d'une *colonie*.

**composition colorée des différences radiométriques** : dans ce travail, composition colorée réalisée à partir des canaux résultant de la différence arithmétique entre canaux de même bande provenant de deux images acquises à des dates différentes. Selon le sens de la soustraction, on obtient deux images des différences ; voir *sens diachronique*. Ce type d'image exprime les changements de réponses radiométriques entre des images acquises à des dates différentes (voir chapitre 15).

**composition colorée des différences texturales** : dans ce travail, composition colorée réalisée à partir des canaux résultant de la différence arithmétique entre les images des écarts-types locaux elles-mêmes calculées sur les canaux bruts. Ce type d'image exprime les changements de texture entre des images acquises à des dates différentes (voir chapitre 15).

**composition colorée initiale** : dans ce travail, composition colorée réalisée à partir des canaux SPOT bruts, en attribuant la couleur *bleue* au canal 1, le *vert* au canal 2 et le *rouge* au canal 3.

**conjunto** : ensemble de maisons ou d'immeubles à vocation d'habitation, parfois groupés autour d'une rue privée ; le *conjunto* est généralement moins bien doté en services que l'*Unité Habitacionnelle*.

**consolidation** : (de l'espagnol *consolidación*) étape de l'urbanisation d'un quartier populaire, au cours de laquelle le bâti précaire se transforme en constructions durables et se densifie, où le quartier acquiert peu à peu les équipements et les services urbains de base, et s'intègre aux réseaux existants dans l'agglomération.

**cuadra** : pâté de maisons, îlot, rectangulaire.

**délégation** : (de l'espagnol *delegación*) division territoriale et administrative du District Fédéral, au nombre de 16.

**dencel** : densité de constructions en élévation calculée, ici, au rapport de nombre de *cel* à la longueur décrite.

**dicel** : longueur totale occupée de bâti en élévation (*cel*) mesurée au long d'un transect.

**ditot** : longueur totale mesurée.

**domaine lacustre** : désigne, dans ce travail, les secteurs où s'étendaient les anciens lacs du bassin de Mexico (voir chapitre 1). Bien qu'asséchées pour l'essentiel, les surfaces non urbanisées conservent certaines caractéristiques des abords de lacs : sol, humidité, écosystèmes, zones inondées ou inondables... en particulier dans le sud (Xochimilco et Chalco).

**ejido** : terre publique attribuée en usufruit par l'Etat à des groupes de demandeurs ou des communautés sous réserve d'exploitation agricole. Certaines colonies, du reste, portent le nom de l'ancien *ejido* sur lequel elles ont été construites : Ejidos de Tepepan, de Huipulco...

**image directe et image opposée** : dans ce travail, image diachronique obtenue par la différence arithmétique selon deux sens :

- $(I_{(89)} - I_{(86)})$ , image appelée *image directe* ;
- $(I_{(86)} - I_{(89)})$ , image appelée *image opposée*.

**indice d'urbanisation** : dans ce travail, le rapport de la longueur occupée par le bâti (*dicel*) à la longueur occupée par l'inter-bâti (*dinocel*) :  $\text{dicel}/\text{dinocel}$ .

**indice de dynamisme** (ou de *croissance du bâti*) : dans ce travail, le nombre de chantiers relevés rapporté au nombre de bâti en fonction.

**induction** : création ou/et développement d'un quartier provoqué "à distance" par la progression d'un front urbain, sans qu'il y ait, au départ, une continuité du bâti affermie entre le nouveau quartier et l'agglomération (voir chapitres 2 et 15).

**inter-bâti** : espace situé entre deux constructions en élévation (*cel*) et délimité par ceux-ci.

**isobleu, isovert, isorouge** : ligne qui joint, dans les espaces factoriels des couleurs produits ici, les couleurs caractérisées par des moyennes radiométriques égales dans un canal ; exemple, *isorouge* : correspond aux moyennes radiométriques égales dans le canal 3 (auquel on a attribué le rouge pour la calcul de la composition colorée).

**manzana** : (espagnol) pâté de maisons ou de lots à bâtir.

**matorral** : (espagnol) formation végétale dispersée, essentiellement sous forme arbustive ; exemple : *matorral de encinos* = formation arbustive de chênes.

**mitage** : dans ce travail, destruction de l'espace rural par implantation d'un bâti dispersé ou regroupé sur une ancienne parcelle agricole.

**mouvement en spirale** : dans ce travail, mouvement de développement urbain caractérisé par l'accentuation des caractères déjà existants d'un quartier, par laquelle sa spécificité se précise et se détache de manière croissante.

**municipe** : (de l'espagnol *municipio*) division territoriale et administrative des états du Mexique.

**nbcel** : nombre d'objet bâtis en élévation (*cel*) comptés au long d'un transect.

**nocel** : objet urbain NON Construit en ELévation, inter-bâti.

**particule** : (\* de *surface*) dans ce travail, petit nombre de pixels connexes (entre deux et une dizaine de pixels) ayant pour caractère commun des niveaux de gris ou des couleurs égaux ou comparables. Les particules peuvent avoir une signification thématique directe d'après leur forme, leur taille et leur couleur (linéaments = rues), ou marquer l'hétérogénéité d'un secteur dont la limite de résolution des capteurs ne permet pas la perception du détail.

**pepenador** : (espagnol *pepena* : grapillage, glanage) personne spécialisée dans la fouille des dépôts d'ordures pour la récupération d'objets ou de matériaux.

**pobladores** : (espagnol : *qui peuplent*) population pionnière qui crée un front urbain et construit les nouveaux quartiers souvent par leurs propres moyens.

**poblado rural** : (espagnol) village de traditions et de mode de vie ruraux, parfois intégré à l'agglomération urbaine. Terme employé dans le Plan d'occupation du sol du District Fédéral et désignant un type d'occupation du sol particulier.

**procel** : proportion de longueur occupée par le bâti en élévation (*dicel*) par rapport à la distance totale mesurée (*ditoi*).

**pseudo-naturel** : dans ce travail, objet constitué d'éléments non spécifiquement urbains (végétation), mais conçu à l'usage et selon des normes citadines, et intégré au domaine urbain : espaces verts, jardins, terrains de sport...

**pseudo-urbanisation** : dans ce travail, activités qui ne correspondent pas directement à un développement urbain, mais qui génèrent, ou exagèrent, une information satellitaire comparable à celle d'une urbanisation réelle. Exemples : épandages, passages, dépôts, travaux...

**région** : dans ce travail, secteur d'image délimité à partir de la composition colorée de 1986 sur des critères visuels de couleurs et de texture (voir chapitre 6).

**réponse radiométrique** : "résultat de l'interaction, en fonction de la longueur d'onde, d'un rayonnement incident donné et de la cible irradiée qui intervient par ses caractéristiques physiques" (Paul et al., 1991, p.281).

**résurgence** : dans ce travail, reprise d'un mouvement d'urbanisation interrompu par la présence d'un site d'occupation du sol antérieur différent, et qui a fait obstacle à la continuité du mouvement (zone d'activités industrielles ou agricoles, domaine naturel...).

**sens diachronique**: dans ce travail, sens dans lequel on considère le changement de caractère d'un objet donné. Ce *sens* est produit par la méthode utilisée ici pour la mise en évidence des changements entre deux dates, et basé sur la différence arithmétique des réponses radiométriques décrites par des entiers naturels. Selon le sens de l'opération,  $\text{date}_{(2)}$  vers  $\text{date}_{(1)}$  : *sens direct*, ou  $\text{date}_{(1)}$  vers  $\text{date}_{(2)}$  : *sens opposé*, un objet apparaît ou disparaît entre les deux dates.

**sens direct et opposé** : sens diachroniques , voir à *image directe et opposée* ou *sens diachronique*.

**signature spectrale** : dans ce travail, courbe présentant les valeurs de gris selon les trois canaux SPOT ; ce terme, couramment employé en télédétection, est donc quelque peu différent de la définition stricte et officielle (voir Paul et al., 1991, p.121 et 287 : *signature spectrale*).

**surface** : (*\* de particule*) ensemble d'un grand nombre de pixels connexes (> à une dizaine de pixels) ayant pour caractère commun des niveaux de gris ou des couleurs égaux ou comparables.

**tacel** : taille moyenne des objet bâtis en élévation (*cel* ).

**tachèle** : "élément de la scène résultant de l'intersection du champ de visée instantané ou élémentaire du capteur avec la surface du terrain" (Paul et al., 1991, p.290).

**taux...** : dans ce travail, on entend par :

- **taux de bétonnage** : longueur mesurée couverte de béton, ciment, asphalte ou tôle de fibro-ciment, en bâti ou inter-bâti, rapportée à la longueur totale mesurée (*ditot*).
- **taux de légèreté** : longueur mesurée de bâti à toiture légère et amovible : carton, plastique, tôle de fibro-ciment ou métallique..., rapportée à la longueur totale mesurée (*ditot*).
- **taux de végétalisation** : longueur mesurée occupée par la végétation rapportée à la distance totale mesurée (*ditot*).

**texture** : "la texture est l'ensemble défini en extension des éléments texturaux. Un élément textural d'une image est la zone continue et répétée dans laquelle aucun changement de caractère n'est décelable avec les moyens dont on dispose. Ici l'élément textural est le pixel." (Girard & Girard, 1989). Dans ce travail, on qualifiera la texture d'*uniforme, fine, hétérogène, grossière...* pour décrire ses différents états, ici selon une échelle d'hétérogénéité croissante.

**Unité Habitationnelle** : (de l'espagnol *Unidad Habitacional = U.H.*) groupe d'immeubles à vocation d'habitat, cité disposant de son propre centre local de services : commerces, école, administration...

**urbanisation occulte** : dans ce travail, on entend ainsi une urbanisation qui, par son caractère diffus ou peu avancé, n'est pas directement observable sur l'image, mais peut être déduite par la mise en évidence de certaines de ses conséquences : disparition de la végétation, dégradation locale du sol, tracés de voirie...

**urbanométrie** : mesure des caractères urbains

**vecindades** : immeubles anciens d'habitation collective populaire, constitués de logements d'une seule pièce groupés sur deux étages autour d'un patio, le premier étage revenant plutôt aux familles à revenu plus élevé que celles du rez-de-chaussée (Bataillon, 1973). Ces immeubles sont aujourd'hui en état de délabrement.

**ZEDEC** : (de l'espagnol *Zona Especial de DEsarrollo Controlado*) secteur de développement urbain contrôlé à l'intérieur d'une zone naturelle protégée (Plan d'occupation du sol du District Fédéral *in* Garza, 1988).

**zocalo** : centre urbain correspondant à la place centrale du quartier historique.

**zone** : secteur de terrain localisé en fonction du zonage en régions de la périphérie sud-est, réalisé à partir de la composition colorée. Les zones, au nombre de 26 et de forme carrée de 1.300 m de côté, représentent les régions pour l'enquête de terrain (voir chapitre 10).

# Bibliographie

---

- ALWASHE M. et al., 1986** : *The application of high resolution MOMS-01 Thematic Mapper satellite data for urban planning purposes - example Jeddah, Saudi Arabia* ; Alwashe M., Bodechtel J., Zilger J. ; Mapping from modern imagery, Symposium of ISPRS Commission IV and RSS, Edimbourg, 1986 : International Archives of Photogrametry & Remote Sensing, 26 part 4 ; pp. 565-574.
- BALLUT A. & ROOS JOSSERAND M-J., 1982** : *Les problèmes posés par le milieu urbain en télédétection* ; Les journées de télédétection en milieu urbain, Paris, mai 1982 ; CNRS ; pp. 7-17.
- BANZO M-T., 1990** : *La problématique agro-pastorale et le processus d'urbanisation dans la périphérie de Mexico : le cas de Chalco* ; mémoire de D.E.A. dirigé par C. Bataillon ; Université de Toulouse Le Mirail, Institut Pluridisciplinaire d'Etudes sur l'Amérique Latine de Toulouse ; Toulouse ; travail intégré au *Projet Vallée de Chalco* rapport final ; convention Université Autonome Métropolitaine-Xochimilco/ORSTOM ; Mexico.
- BARDINET C., 1982** : *Morphologie urbaine et télédétection : les cas d'Annaba (Algérie) et de N'Djamena (Tchad) par Landsat* ; Les journées de télédétection en milieu urbain, Paris, mai 1982 ; CNRS ; pp. 100-120.
- BATAILLON C., 1973** : *Mexico* ; Notes et Etudes Documentaires, coll. Les grandes villes du monde ; La Documentation Française ; 74 p. ; Paris.
- BATAILLON C., 1987** : *Géographie de Mexico d'après une image SPOT1 multibande* ; revue Photo-interprétation n°1987-2, fascicule 5, pp. 47-61 ; Paris.
- BEAUDOU A. et al, 1978** : *Recherche d'un langage transdisciplinaire pour l'étude du milieu naturel (Tropiques humides)* ; Travaux et Documents de l'ORSTOM n° 91, 143 p ; ORSTOM Paris.
- BEKKHOUCHA A., 1992** : *Traitement d'images et analyse de texture. Application à l'imagerie satellitaire* ; thèse de Doctorat, spécialité : Contrôle des systèmes ; Université de Technologie de Compiègne ; 182 p. ; Compiègne.
- BERNARD C., 1988** : *Utilisation des images satellitaires en matière de gestion urbaine* ; colloque Gestion Urbaine et Développement, Lyon, septembre 1988 ; pp. 271-277.
- BERTAUD M-A., 1989** : *The use of satellite images for urban planning. A case study from Karachi, Pakistan* ; rapport pour Infrastructure and Urban Development Department ; Banque Mondiale ; 70 p. ; février 1989.
- BOCQUET E., 1987** : *Exemple d'utilisation d'images satellites SPOT pour l'analyse du milieu urbain* ; Forum international de l'instrumentation et de l'information géographique, 10-13 juin 1987 ; pp. 539-551.

- BOUVIER C., 1989** : *Contribution à l'étude du ruissellement urbain en Afrique de l'Ouest. Application à la simulation des écoulements sur petits bassins urbains* ; thèse de Doctorat ; Université des Sciences et Techniques du Languedoc-Montpellier II ; 343 p. ; Montpellier.
- BOUVIER C. & DIDON E., 1991** : *Recursos agua en la cuenca de Chalco : hidrologia de de la cuenca de Chalco* ; 163 p. ; ORSTOM-Mexico.
- BOZET M. et al., 1980** : *Filtrage spatial des données Landsat en vue de la cartographie urbaine*; Bozet M., Dotu H., Installe M., Wilmet J. ; Annales des Mines avril-mai 1980 ; Université de Louvain ; pp. 140-146.
- BROSSARD T. & WIEBER J. C., 1980** : *Essai de formulation systématique d'un mode d'approche du paysage* ; Bulletin de l'Association des Géographes Français, n° 468 ; pp. 102-111.
- BROSSARD T. & WIEBER J. C., 1984** : *Le paysage, trois définitions, un mode d'analyse et de cartographie* ; L'Espace Géographique n°1, 1984, 5-12 ; pp. 4-12.
- BUCHAN G. M. & HUBBARD N. K., 1986** : *Remote sensing in land-use planning : an application in west central Scotland using SPOT-simulation data* ; International Journal of Remote Sensing, vol. 7, n°6, pp. 767-777.
- BUSH V., 1988** : *Natalidad y mortalidad en la ciudad de México (1950-1980)*; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico; pp. 129-134.
- CASTANEDA V., 1988** : *Mercado inmobiliario de las periferias urbanas en el area metropolitana de la ciudad de México - casos de estudio : Valle de Chalco, Ecatepec y Tecamac* in *Grandes problemas de la ciudad de México* ; coordinateurs : Zenteno R. B. et Morelos J. B. ; collection : Colección Desarrollo Urbano, Desafios de una Gran Metrópoli ; Departamento del Distrito Federal ; Editions Plaza y Valdés ; pp. 97-129.
- CETENAL, 1979** : *Carta edafologica* au 1/50.000 ; feuille Ciudad de México E-14-A-39, 2nde édition.
- CHATELAIN A. et al., 1982** : *Analyse de morphologie urbaine, bilan des expériences : Arles et Vallée de L'Huveaune* ; Chatelain A., Gilg J-P., Gronoff J-D. ; Les Journées de télédétection en milieu urbain, Paris, mai 1982 ; CNRS ; pp. 65-72.
- CHESNAIS M., 1982** : *Analyse diachronique des processus d'urbanisation* ; Les Journées de télédétection en milieu urbain, Paris, mai 1982 ; CNRS ; pp. 18-27.
- COLDWELL R. N., 1985** : *SPOT simulation imagery for urban monitoring : a comparison with Landsat TM and MSS imagery and with high altitude color infrared photography* ; Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 31, n°8 ; pp. 1093-1104 ; août 1985.
- CORTES A. & SANTOS C., 1992** : *Integración de imágenes SPOT y fotofraffa aérea en estudios urbanos* ; Boletín n°8 del SELPER-México ; Mexico ; pp. 6-12.
- DAGORNE A. & CANAVESE A., 1988** : *Télédétection aéroportée et cartographie diachronique en zone urbaine. Le cas de Nice-ouest* ; revue Photo-interprétation n°1988-2, fascicule 5 ; mars-avril 1988 ; pp. 37-43 ; Paris.
- DAGORNE A. & MAHROUR M., 1987** : *Analyse diachronique de l'urbanisation ou l'apport des images satellitaires. Application à l'agglomération algéroise* ; Revue d'Analyse Spatiale, Quantitative et Appliquée n°23 ; pp. 43-55 ; Nice.



- DA SILVA MADEIRA J., 1993 :** *Etude quantitative des relations constituants minéralogiques-réflectance diffuse des latosols brésiliens. Application à l'étude pédologique des données satellitaires Thematic Mapper (région de Brasília)* ; Editions de l'ORSTOM ; collection Etudes et Thèses ; 236 p. ; Paris.
- DE AZEVEDO L. H. & PITANGA J. F., 1980 :** *Land use evolution of the city of Rio de Janeiro Brazil from 1972 to 1978* ; International Symposium on Remote Sensing of Environment 14th, San Jose, Costa Rica ; actes publ. par Environmental Research Institute of Michigan, vol. 3, pp. 1321-1334.
- DE MAXIMY R. & GODARD H., 1992 :** *Atlas informatique de Quito* ; IPGH/IGM/ORSTOM; Quito ; 290 p., 41 planches.
- DEBAINE F., 1988 :** *Extraction de réseaux linéaires à partir des images SPOT. Exemple pris dans une région semi-aride : le nord-ouest de l'Inde* ; colloque Journées de télédétection, images satellite et milieux terrestres en régions arides et tropicales, Bondy novembre 1988 ; coll. Colloques et Séminaires, Editions de l'ORSTOM ; pp. 225-239 ; Paris.
- DELGADO J., 1988 (1) :** *El patron de ocupación territorial de la ciudad de México al año 2.000* ; in *Estructura Territorial de la ciudad de México*, in *Desafios de una Gran Metrópoli*, collection : Colección Desarrollo Urbano, coordinateurs : Terrazas O. et Preciat E.; Departamento del Distrito Federal ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 101-141.
- DELGADO J., 1988 (2) :** *La estructura segregada de la ciudad de México : 1970-1988* in *Grandes problemas de la ciudad de México* ; in *Desafios de una Gran Metrópoli*, collection : Colección Desarrollo Urbano, coordinateurs : R.B.Zenteno et J.B.Morelos ; Departamento del Distrito Federal ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 185-211.
- DELGADO J., 1991 :** *Centro y periferia en la estructura socioespacial de la ciudad de México* ; in *Espacio y vivienda en la ciudad de México* ; coord. Schteingart M. ; I Asamblea de representantes del Distrito Federal ; CEDDU, El Colegio de México ; pp. 85-105 ; Mexico.
- DE KEERSMAECKER M-L., 1986 :** *Etude par télédétection des quartiers résidentiels en milieu urbain : la détermination de leurs caractéristiques socio-économiques* ; communication au GIS Symposium de Lyon, Juin 1986 ; pp. 517-528.
- DE KEERSMAECKER M-L., 1987 :** *Stratégie d'échantillonnage des données de terrain intégrées dans l'analyse des images satellitaires* ; *L'Espace Géographique* n°3, 1987 ; pp. 195-205.
- DE LA ROSA M., 1974 :** *Netzahualcoyótl : un fenomeno* ; Testimonios del Fondo ; Fondo de Cultura Economica ; 48 p. ; Mexico.
- DIDAY E. et al., 1982 :** *Eléments d'analyse de données* ; Diday E., Lemaire J., Pouget J. et Testu F. ; 462 p., Editions Bordas, Dunod Décision, Paris.
- DIDON E., 1992 :** *Mise en oeuvre d'outils d'analyse spatiale dans l'étude hydrologique du bassin versant de Chalco (Estado de México, Mexique)* ; rapport de stage, janvier 1992 ; 25 p.; ORSTOM.
- DONG-CHEN HE & LI WANG., 1991 :** *Détection des contours de texture d'images numériques* ; *International Journal of Remote Sensing*, vol. 12, n°3, 1991, pp. 651-657.
- DUCHAUFOR Ph. & SOUCHIER B., 1977 :** *Pédologie 1. Pédogenèse et Classification* ; 477 p. ; Editions Masson ; Paris.

- DUGGIN M. J. et al., 1988** : *Application of spatial filtering methods to urban feature analysis using digital image data* ; Duggin M. J., Rowntree R. A., Odell A. W. ; International Journal of Remote Sensing, vol. 9, n°3, mars 1988, pp. 543-553.
- DUREAU F. et al., 1987** : *Téledétection et système d'information géographique. Application au suivi de la morphologie et de la démographie d'une ville* ; Dureau F., Lortic B., Michel A., Souris M. ; Forum international de l'instrumentation et de l'information géographique, 10-13 juin 1987 Paris ; pp. 529-538.
- DUREAU F., DUCHEMIN J-P. et al., 1988** : *L'utilisation de l'image SPOT pour l'observation démographique en milieu urbain ; ville de Quito* ; Dureau F., Duchemin J.-P., Barbary O., Eberhard J.-M., Lortic B., Michel A., Aing A. (illus.), Rannou I. (illus.) , rapport final avril 1988 ; convention CNES-ORSTOM ; ORSTOM ; 195 p. ; Paris.
- DUREAU F., et al., 1989** : *Sondages aéroloires sur images satellitaires pour des enquêtes socio-démographiques en milieu urbain* ; Dureau F., Barbary O., Lortic B., Michel A. ; coll. Didactiques ; ORSTOM ; Paris ; 10 p., 10 fiches.
- EBERHARD J-M., 1987** : *Téledétection urbaine : éléments de caractérisation géographique des quartiers de Quito à l'aide d'une image SPOT* ; mémoire de DEA "Géographie et pratique du Tiers-Monde" ; E.H.E.S.S.-Paris X ; 98 p. ; Paris.
- EBERHARD J-M., 1990 (1)** : *Caractérisation des quartiers périphériques de Mexico sur image SPOT ; analyse comparée de la texture sur les données multibandes* ; colloque Journées de téledétection, images satellite et milieux terrestres en régions arides et tropicales, Bondy, novembre 1988 ; coll. Colloques et Séminaires, Editions de l'ORSTOM ; pp. 179-192 ; Paris.
- EBERHARD J-M., 1990 (2)** : *Suivi de la croissance urbaine du sud-est de l'agglomération de Mexico : enquête de téledétection* ; rapport final du Projet Chalco, convention ORSTOM/UAM-Xochimilco/CEE ; novembre 1990 ; 70 p. ; Mexico.
- EBERHARD J-M., 1991** : *Une méthode de description et de mesures en milieu urbain, les mesures in situ* ; colloque Journées de téledétection, colloque Deuxièmes Journées de téledétection, Bondy décembre 1990 ; coll. Colloques et Séminaires, Editions de l'ORSTOM ; pp. 241-258 ; Paris.
- ELLEFSEN R. & DAVIDSON R., 1980** : *Monitoring the areal growth of San Jose, Costa Rica* ; International Symposium Remote Sensing for Enviroment 14th, avril 1980, actes vol. 2, pp. 1243-1249.
- FENELON J. -P., 1981** : *Qu'est-ce que l'Analyse des Données ?* ; Editions Lefonen ; 312 p. ; Paris.
- FORSTER B. C., 1985** : *Examination of some problems and solutions in monitoring urban areas from satellite platforms* ; International Journal of Remote Sensing, vol. 6, n°1, janvier 1985, pp. 139-151.
- FOSSET R., 1982** : *Les types de quartiers et l'expansion de Casablanca (Maroc)* ; Les Journées de téledétection en milieu urbain, Paris, mai 1982 ; CNRS ; pp. 54-57.
- GARZA G., 1978** : *Concentración y distribución espacial de la industria en el area metropolitana de la ciudad de México* ; coll. Temas de la ciudad ; n°1 ; délégation Venustiano Carranza ; Departamento del Distrito Federal ; Mexico.
- GARCIA PERALTA B., 1988** : *Situación de la vivienda en la zona metropolitana de la ciudad de México* ; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G. ; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 205-210.

- GARZA G., 1988 (1)** : *Distribución de la industria en la ciudad de México (1960-1980)* ; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 102-107.
- GARZA G., 1988 (2)** : *Evolución de la ciudad de México en el siglo XX* ; in *Processos habitacionales en la ciudad de México*, coord. Marco A. M. ; Cuadernos Universitarios 51 ; SEDUE ; U.A.M. ; pp. 19-41 ; Mexico.
- GARZA G., 1988 (3)** : *Atlas de la ciudad de México*, ouvrage coll. ; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico.
- GIRARD M. C. & GIRARD C. M., 1989** : *Télédétection appliquée, zones tempérées et intertropicales* ; Coll. Sciences agronomiques ; Editions Masson, Paris ; 260 p..
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO, 1989** : *Solidaridad, Programa para el Oriente del Estado de México - Marco de referencia* ; Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, Organismo de Centros Estratégicos de Crecimiento ; 96 p. ; Toluca.
- GONZALEZ ARAGON J., 1990** : *Sistema de información Valle de Chalco, Fundamentos y avances ; Projet Vallée de Chalco rapport final chapitre VIII et Annexes chapitre VII et chapitre VIII* ; convention Université Autonome Métropolitaine-Xochimilco/ORSTOM ; 36 p. ; Mexico.
- GRAIZBORD B. & SANCHEZ H. S., 1988** : *Expansión física de la ciudad de México* ; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 120-125.
- GUEVARA SADA S. & MORENO CASASOLA P., 1988** : *Areas verdes de la zona metropolitana de la ciudad de México* ; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 231-236.
- GUICHOU C., 1984** : *Analyse d'images de télédétection : traitement séquentiel d'informations texturales et contextuelles* ; thèse de 3ème cycle, spécialité Astronomie et techniques spatiales; Université Paul Sabatier-Toulouse III.
- GUPTA D. M. & MUNSHI M. K., 1985** : *Urban change detection and land use mapping of Delhi* ; International Journal of Remote Sensing, vol. 6, n°3-4, mars-avril 1985, pp. 529-534.
- HAOUES S., 1991** : *Vers une méthode de détection du changement d'occupation du sol en milieu urbain à l'aide de l'imagerie satellitaire* ; travail de fin d'étude ; Ecole Spéciale de Travaux Publics de Paris/ORSTOM-SUD ; Bondy ; 44p.
- HERNANDEZ MENDOZA J., 1990** : *Estructura urbana : planimetría de siete colonias del Valle de Chalco ; Projet Vallée de Chalco rapport final chapitre X* ; convention Université Autonome Métropolitaine-Xochimilco/ORSTOM ; 15 p. ; Mexico.
- HIERNAUX D., 1991** : *Ocupación del suelo y producción del espacio construido en el Valle de Chalco, 1978-1991*; in *Espacio y vivienda en la ciudad de México* ; coord. Schteingart M. ; I Asamblea de representantes del Distrito Federal ; CEDDU, El Colegio de México ; pp. 179-202 ; Mexico.
- INEGI, 1984** : *X Censo general de población y vivienda, 1980. Estado de México* ; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ; 2 tomes ; Mexico D.F.

- INEGI, 1985** : *Anuario estadístico del Distrito Federal, 1984* ; Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ; 2 tomes ; Mexico D.F.
- INEGI, 1986** : mosaïques de photographies aériennes au 1/75.000 agrandies au 1/20.000 ; vols de 1986 et 1987 ; Mexico.
- INEGI, 1991 (1)** : *XI Censo general de población y vivienda, 1990. Distrito Federal* ; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ; Mexico D.F.
- INEGI, 1991 (2)** : *XI Censo general de población y vivienda, 1990. Estado de México* ; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ; 4 tomes ; Mexico D.F.
- 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 Desarrollo Urbano, Desafios de una Gran Metrópoli ; Departamento del Distrito Federal ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 47-95.
- JACQUEMINET C., 1991** : *Analyse de la structure spatiale du couvert ligneux en milieu sahélien sur images satellitaires SPOT : étude appliquée au secteur dunaire d'Oursi au Burkina-Faso et au Ferlo sableux du Sénégal* ; thèse de doctorat de géographie ; EHESS ; ORSTOM ; 220p. ; Bondy.
- JAUREGUI OSTOS E., 1988** : *Climas* ; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G. ; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 37-40.
- JUAREZ NUÑEZ J. M. & MARTINEZ FLORES R., 1990** : *El Valle de Chalco un asentamiento sin planeación : una aproximación sociológica ; Projet Vallée de Chalco rapport final chapitre V* ; convention Université Autonome Métropolitaine-Xochimilco/ORSTOM ; Mexico.
- LAPORTE J-M., 1983** : *Etude de la texture sur des simulations d'images du satellite de télédétection SPOT* ; thèse de 3ème cycle, Université de Paris VII-Jussieu ; 173 p. ; Paris.
- LENCO M. et al., 1982** : *Utilisation d'images satellites pour décrire l'état et le suivi de l'occupation du sol en Ile de France* ; Lenco M., Ballut A., Delavigne R. ; Les Journées de télédétection en milieu urbain, Paris, mai 1982 ; CNRS ; pp. 73-81.
- L'HOMMEE S., 1991** : *Habitants et habitats de la Vallée de Chalco, Etat de Mexico, Mexique, 1990* ; mémoire de DEA ; IPEALT ; Toulouse ; 153 p..
- LIZT MENDOZA S., 1988** : *Respuestas del transporte urbano en las zonas marginadas in Grandes problemas de la ciudad de México* ; coordinateurs : Zenteno R.B. et Morelos J.B. ; collection : Colección Desarrollo Urbano, Desafios de una Gran Metrópoli ; Departamento del Distrito Federal ; pp. 215-242 ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico.
- LOMBARDO M. A., 1982** : *Use of satellite data for urban monitoring in the Sao Paulo metropolitan area* ; Lombardo M. A., Camara G., Costa P., Antonio E., Tarifa J. R. ; International Symposium on Remote Sensing of Environment 16th, Buenos Aires, juin 1982 ; actes publ. par Environmental Research Institute of Michigan, vol. 1, pp. 119-121.
- LOMBARDO S., 1988** : *México-Tenochtitlan en 1519* et articles suivants, in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G. ; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México formant le chapitre 2 ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 47-59.
- LOURDES VEGA A., 1991** : *Proceso de poblamiento en la zona oriente de la ciudad de México. El caso de ciudad Netzahualcoyótl* ; in *Espacio y vivienda en la ciudad de México* ;

- coord. Schteingart M. ; I Asamblea de representantes del Distrito Federal ; CEDDU, El Colegio de México ; pp. 161-177 ; Mexico.
- MACAZAGA ORDONO C., 1983 :** *Diccionario de Geografía Nahuatl* ; Editions Innovación S.A.; Mexico.
- MALEK C., 1989 :** *Diagnostic du Paysage à partir des données satellitaires - Application au Sahel - Oudalan (Burkina-Faso)* ; thèse de Doctorat nouveau régime en géographie et dynamique des milieux physiques ; Université Paris VII-Jussieu ; 205 p.; Paris.
- MATHER P. M., 1987 :** *Computer processing of remotely-sensed images* ; Editions. John Wiley & Sons ; Bury St. Edmunds, Angleterre.
- MELO GALLEGOS C. & OROPEZA OROZCO O., 1988 :** *Vegetación* ; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 33-36.
- MERGHOUB Y., 1985 :** *Reconnaissance et analyse de formes sur des images de télédétection. Modélisation par la morphologie mathématique* ; thèse de 3ème cycle, spécialité Astronomie et techniques spatiales ; Université Paul Sabatier-Toulouse III.
- MICHEL A., 1988 :** *Stratification de l'espace urbain à partir d'images satellite pour réaliser un sondage à objectif démographique* ; thèse de Doctorat ; E.H.E.S.S. ; 240 p. ; Paris.
- MOSSER HAWTREE F., 1988 :** *Geología* ; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés; Mexico ; pp. 23-26.
- M.U.L.T. :** *Méthode d'estimation de l'imperméabilisation*, Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, Délégation aux Techniques de l'Aménagement, Service Technique de l'Urbanisme ; brochure technique ; Editions du STU ; 50 p. ; Lyon.
- NASCIMENTO I. & THIBAUT C., 1987 :** *Observer l'espace urbain par satellite* ; avec la coll. de Mariette V., sous la direction de Delavigne R. ; Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France ; Ministère de l'Environnement ; 76 p. ; Paris.
- NEGRETE M. E. & SALAZAR H., 1988 :** *Dinámica de crecimiento de la población de la ciudad de México (1900-1980)*; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 125-128.
- NICOLOYANNI E., 1987 :** *Un indice de changement diachronique appliqué à deux scènes Landsat MSS sur Athènes (Grèce)* ; Recherches Géographiques à Strasbourg, n°27/1984, N.S. Télédétection des milieux naturels et urbains, 2ème trimestre 1987 ; pp. 83-88.
- NIEDERBERGER C., 1988 :** *De la prehistoria a los primeros asentamientos humanos en la cuenca de México* ; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 40-43.
- NUÑEZ C., RODRIGUEZ PARGA J., RODRIGUEZ GONZALEZ R., VALLEJO V., ORTEGA L. in Garza, 1988 (3) :**  
*Municipio de Chalco de Díaz Covarrubias*, pp. 336-338 ;  
*Municipio de Chimalhuacán*, pp. 342-343 ;  
*Municipio de Ixtapaluca*, pp. 350-352 ;  
*Municipio de La Paz*, pp. 361-362 ;  
*Municipio de Nezahualcóyotl*, pp. 356-358 ;

- OLIVA P. & HUSSON A., 1982** : *Classification supervisée des ensembles urbains et péri-urbains de la région d'Aix-en Provence* ; Les Journées de télédétection en milieu urbain, Paris, mai 1982 ; CNRS ; pp. 28-46.
- OLORUNFEMI J. F., 1987** : *Identification and measurement of the areal extent of settlements from Landsat. An exploration into the nigerian case* ; International Journal of Remote Sensing, vol. 8, n°312, décembre 1987, pp. 1839-1843.
- O'NEILL G. K., 1978** : *Les villes de l'espace. Vers le peuplement, l'industrialisation et la production d'énergie dans l'espace* ; coll. Les visages de l'avenir/prospective scientifique et technologique, éditions Robert Laffont ; 370 pages ; Paris.
- PAUL S. et al., 1991** : *Introduction à l'étude de la télédétection aérospatiale et de son vocabulaire* ; Ministère de l'Education Nationale, Direction des Enseignements Supérieurs ; La Documentation Française ; 316 p. ; Paris.
- PEDRON C., 1988** : *Intégration des données SPOT dans une banque de données urbaines : la localisation des chantiers in Photo-Interprétation* ; n°1988-2 fascicule 6 ; pp. 47-49 ; Editions Technip ; mars-avril 1988 ; Paris.
- PHILIP J. H. et al., 1987** : *SPOT imagery for detecting residential expansion on the rural-urban fringe of Toronto, Canada* ; Philip J. H., Larry R. G., Glenn H. H., Douglas D. J., Jinfei W. ; paper 87-06 of the Earth-Observations Laboratory, Inst. for Space et Terrestrial Science ; pp. 490-497.
- POUSSE M. et al., 1982** : *Simulations SPOT en milieu urbain. Exemples de traitements numériques* ; Pousse M., Saint G., Poraire A. ; Les Journées de télédétection en milieu urbain, Paris, mai 1982 ; CNRS ; pp. 58-64.
- PRATT W. K., 1978** : *Digital Image Processing* ; Editions John Wiley & Sons, Inc., Wiley-Interscience ; New York ; 750 p.
- RAKOTO M. et al., 1988** : *Guide de l'utilisateur de Planetes* ; Rakoto M., Andrianasolo H., Mering C. ; documentation du logiciel, 1ère version, Laboratoire d'Informatique Appliquée ; ORSTOM-Bondy ; 130 p.
- RICHARD J-F., 1985** : *Le paysage, analyse et structure. Contribution méthodologique à l'étude des milieux tropicaux. (savanes et forêts de Côte d'Ivoire)* ; thèse d'état de l'université Paris VII Jussieu ; 438 p.
- RICHARD J-F., 1989** : *Le paysage, un nouveau langage pour l'étude des milieux tropicaux* ; coll. Initiations-Documentations Techniques n°72 ; Editions de l'ORSTOM ; Paris ; 210 p.
- RIMBERT S., 1982** : *Détection des linéaments en paysages urbains* ; Les Journées de télédétection en milieu urbain, Paris, mai 1982 ; CNRS ; pp. 89-99.
- RIMOUX N.,** : *La gestion de la couleur in Langages & Systèmes - INFOPC n°69* ; pp. 22-35.
- RIVA PALACIO E., 1988** : *Contaminación del ecosistema de la ciudad de México* ; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 229-230.
- ROUGERIE G. & BEROUTCHACHVILI N., 1991** : *Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes* ; coll. U ; Editions Armand Colin ; 302 p. ; Paris.
- RUVALCABA R. M. & SCHTEINGART M., 1988** : *Estructura urbana y diferenciación socioespacial en la zona metropolitana de la ciudad de México* ; in *Atlas de la*

- ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; pp. 108-115 ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico.
- SANDERS L., 1990** : *L'analyse statistique des données en Géographie* ; coll. Alidade ; Editions Reclus ; diff. La Documentation Française ; 270 p.; Montpellier.
- SCHTEINGART M., 1978** : *El proceso de estructuración del espacio en el area metropolitana de la ciudad de México* ; coll. Temas de la ciudad ; n°7 ; délégation Venustiano Carranza ; Departamento del Distrito Federal ; Mexico.
- SERRADJ A., 1987** : *Sept quartiers de Strasbourg : classification et quantification de l'occupation du sol à partir de données Landsat-TM* ; Recherches Géographiques à Strasbourg, n°27/1984, N.S. Télédétection des milieux naturels et urbains, 2ème trimestre 1987 ; pp. 75-81.
- SIGSA, 1989** : *Ciudad de México-Guía Pronto*, plans au 1/20.000 ; SIGSA-PROEESA ; édition 1989.
- SPP, 1983** : *Carta edafologica* au 1/50.000 ; Secretaria de Programación y Presupuesto ; feuille Chalco E-14-B-31 ; première édition.
- THIBAUT C., 1986** : *Mesurer la végétation urbaine par télédétection : du satellite au terrain* ; avec la coll. de Guillard H., sous la direction de Delavigne R. ; Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France ; Ministère de l'Environnement ; 100 p. ; Paris.
- TUDELA F., 1991** : *Usos del suelo, vivienda y medio ambiente; in Espacio y vivienda en la ciudad de México* ; coord. Schteingart M. ; I Assamblea de representantes del Distrito Federal ; CEDDU, El Colegio de México ; pp. 201-222 ; Mexico.
- UNIKEL L., 1978** : *El Desarrollo urbano de México : diagnostico e implicaciones futuras* ; collaborateurs : Crescencio Ruiz Chiapetto et Gustavo Garza Villarreal ; Centro de Estudios Económicos y Demográficos ; El Colegio de México ; 2nde édition, Mexico.
- VALVERDE C. & AGUILAR A. G., 1988** : *Localización geográfica de la ciudad de México* ; in *Atlas de la ciudad de México*, responsable : Garza G.; Departamento del Distrito Federal-El Colegio de México ; Editions Plaza y Valdés ; Mexico ; pp. 19-22.
- VOLLE M., 1980** : *Analyse des Données* ; coll. Economie et statistiques avancées ; 2nde édition ; Editions Economica; 320 p.; Paris.
- WEBER C. & HIRSCH J., 1989** : *Some urban measurements from SPOT data : urban life quality* ; Sixth european colloquium of theoretical and quantitative geography, Chantilly, septembre 1989.

# Liste des figures

---

<i>figure 1 :</i>	<i>Topographie et système lacustre originel du bassin de Mexico.....</i>	<i>21</i>
<i>figure 2 :</i>	<i>Variations des températures mensuelles à Iztapalapa.....</i>	<i>23</i>
<i>figure 3 :</i>	<i>Répartition spatiale des précipitations dans le bassin de Mexico.....</i>	<i>23</i>
<i>figure 4 :</i>	<i>Répartition spatiale des principaux sols du sud de l'agglomération de Mexico.....</i>	<i>26</i>
<i>figure 5 :</i>	<i>Organisation spatiale de Mexico-Tenochtitlan en 1519.....</i>	<i>31</i>
<i>figure 6 :</i>	<i>Evolution de l'indice d'urbanisation, 1900-1970.....</i>	<i>38</i>
<i>figure 7 :</i>	<i>Divisions administratives du District Fédéral et de l'Etat.....</i>	<i>44</i>
<i>figure 8 :</i>	<i>Taux de croissance démographique Mexico (%) - 1910-80.....</i>	<i>48</i>
<i>figure 9 :</i>	<i>Croissance démographique ville centrale et contours.....</i>	<i>50</i>
<i>figure 10 :</i>	<i>Contours de croissance : baisse des taux de croissance, selon la période censitaire et la division administrative.....</i>	<i>50</i>
<i>figure 11 :</i>	<i>Volumes de population de 1990 et taux de croissance entre 1980 et 1990, des municipes et délégations conurbanisés.....</i>	<i>53</i>
<i>figure 12 :</i>	<i>Etapas de la croissance spatiale de l'agglomération, du XVIème siècle aux années 1980.....</i>	<i>55</i>
<i>figure 13 :</i>	<i>Modèle d'Iracheta simplifié : Processus circulaire et cumulatif de la ségrégation socio-spatiale.....</i>	<i>59</i>
<i>figure 14 :</i>	<i>Processus de métropolisation locale d'après J. Delgado.....</i>	<i>64</i>
<i>figure 15 :</i>	<i>Proportion de surface urbanisée, par division administrative - agglomération de Mexico - 1980.....</i>	<i>66</i>
<i>figure 16 :</i>	<i>Densité de population par division administrative - 1980.....</i>	<i>69</i>
<i>figure 17 :</i>	<i>Densité de population et localisation des secteurs urbanisés.....</i>	<i>70</i>
<i>figure 18 :</i>	<i>Cycles de croissance de la population, de la surface urbanisée et de la densité d'habitants - 1900-1986.....</i>	<i>72</i>
<i>figure 19 :</i>	<i>Occupation du sol de l'ensemble de l'agglomération.....</i>	<i>76</i>
<i>figure 20 :</i>	<i>Structures socio-spatiales de l'agglomération de Mexico, évolution entre 1970 et 1980.....</i>	<i>80</i>
<i>figure 21 :</i>	<i>Relation nombre d'habitants/nombre de logements par division administrative - 1960-1980.....</i>	<i>82</i>



figure 22 :	<i>Nombre de logements selon la surface urbanisée.....</i>	83
figure 23 :	<i>Proportions d'utilisation des trois principaux matériaux de toiture - D.F.- 1984.....</i>	86
figure 24 :	<i>Production industrielle par entité administrative (% de la production de l'agglomération) - 1980.....</i>	89
figure 25 :	<i>Principaux éléments du réseau de communication, agglomération de Mexico.....</i>	95
figure 26 :	<i>Exemple d'intégration urbaine par les réseaux de voirie principale.....</i>	99
figure 27 :	<i>Occupation du sol des municipes de Nezahualcóyotl et Chimalhuacán. ....</i>	109
figure 28 :	<i>Occupation du sol de la délégation Iztapalapa, et des municipes La Paz et Ixtapaluca.....</i>	119
figure 29 :	<i>Occupation du sol des délégations A. Obregon et Tlalpan.....</i>	125
figure 30 :	<i>Occupation du sol des délégations de Xochimilco, et Tláhuac, et du municipio de Chalco. ....</i>	132
figure 31 :	<i>Les étapes de l'urbanisation de Chalco - 1978-1989.....</i>	135
figure 32 :	<i>Coefficient d'occupation du sol - Chalco -1989.....</i>	139
figure 33 :	<i>Répartition des logements d'après leur morphologie.....</i>	143
figure 34 :	<i>Croissances démographique et spatiale - XXème siècle.....</i>	149
figure 35 :	<i>Zone d'étude.....</i>	156
figure 36 :	<i>Cube des couleurs.....</i>	164
figure 37 :	<i>Recodage de 3 nombres de 8 bits en un nombre de 24 bits. ....</i>	165
figure 38 :	<i>Recodage de 3 nombres de 8 bits en un nombre de 8 bits.....</i>	167
figure 39 :	<i>Détermination des bornes de rééchantillonnage intervenant dans le calcul de la composition colorée.....</i>	167
figure 40a :	<i>La composition colorée de 1986, zone d'étude (secteur ouest).....</i>	169
figure 40b :	<i>La composition colorée de 1986, zone d'étude (secteur est).....</i>	170
figure 41 :	<i>Mire des 256 couleurs, restitution Canon. ....</i>	171
figure 42 :	<i>Mire des séquences de couleurs. ....</i>	171
figure 43 :	<i>Extraction de la voirie principale du Centre et de l'est de l'agglomération, discrimination par les couleurs associées 36 et 41.....</i>	179
figure 44 :	<i>Association de couleurs correspondant à une complémentarité dans le tissu urbain (Nezahualcóyotl).....</i>	183
figure 45 :	<i>Configurations des couleurs 191, 223 et 255, au nord de Chimalhuacán. ...</i>	185
figure 46 :	<i>Le croissant végétalisé de Coyoacán-Tlalpan. ....</i>	192
figure 47 :	<i>Secteurs urbanisés de Chalco, d'après la composition colorée de 1986. ....</i>	197
figure 48 :	<i>Répartition spatiale de l'association des couleurs 36, 73, 77 et 109, exemple du secteur de l'aéroport. ....</i>	201
figure 49 :	<i>Quelques exemples de particules. ....</i>	202

figure 50 :	<i>Configurations spatiales des pixels de couleur 109, selon trois types de milieu.....</i>	<i>205</i>
figure 51 :	<i>Exemple de partition de l'image, selon les critères retenus.....</i>	<i>207</i>
figure 52 :	<i>Les 51 régions délimitées sur la composition colorée.....</i>	<i>208</i>
figure 53 :	<i>Analyse des régions de l'image selon leurs caractères de couleur, schéma de principe.....</i>	<i>213</i>
figure 54 :	<i>Structures de l'espace factoriel : grandes oppositions.....</i>	<i>216</i>
figure 55 :	<i>Emplacement des couleurs à forte contribution dans les plans factoriels 1-2 et 2-3.....</i>	<i>217</i>
figure 56 :	<i>Structures de l'espace factoriel 3 dimensions, 51 régions.....</i>	<i>219</i>
figure 57 :	<i>Structures thématiques du nuage, d'après les couleurs.....</i>	<i>220</i>
figure 58 :	<i>Les signatures spectrales dans le plan factoriel 1-2.....</i>	<i>222</i>
figure 59 :	<i>Réponses moyennes des couleurs réparties sur le facteur 1.....</i>	<i>223</i>
figure 60 :	<i>Signatures spectrales des couleurs à forte contribution sur le premier facteur.....</i>	<i>223</i>
figure 61 :	<i>Réponses radiométriques proportionnelles de chaque canal des variables à forte contribution sur l'axe 2.....</i>	<i>224</i>
figure 62 :	<i>Signatures spectrales relatives sur l'axe 2.....</i>	<i>224</i>
figure 63 :	<i>Signatures spectrales absolues sur l'axe 2.....</i>	<i>225</i>
figure 64 :	<i>Les signatures spectrales dans le plan factoriel 2-3.....</i>	<i>226</i>
figure 65 :	<i>Signatures spectrales absolues du premier sous-nuage disposées sur l'axe 2.....</i>	<i>227</i>
figure 66 :	<i>Structures radiométriques de l'espace factoriel 1-2-3, 51 régions, schéma.....</i>	<i>229</i>
figure 67 :	<i>Signatures spectrales des 27 couleurs à forte contribution dans au moins l'un des trois premiers axes.....</i>	<i>231</i>
figure 68 :	<i>Isorouges dans les plans factoriels 1-2 et 2-3.....</i>	<i>232</i>
figure 69 :	<i>Positions des isobles-isoverts par rapport aux isorouges (plan factoriel 2-3).....</i>	<i>233</i>
figure 70 :	<i>Séquences de couleurs.....</i>	<i>235</i>
figure 71 :	<i>Analyse des régions de l'image selon leurs caractères de texture, schéma de principe.....</i>	<i>237</i>
figure 72 :	<i>Structure du plan factoriel 1-2, selon le critère de texture appliquée à la composition colorée.....</i>	<i>238</i>
figure 73 :	<i>Exemples d'entropies équivalentes calculées à partir de cas de figure différents.....</i>	<i>239</i>
figure 74 :	<i>Structures thématiques, selon les caractères de texture.....</i>	<i>240</i>
figure 75 :	<i>Répartition spatiale des faibles valeurs d'entropie (composition colorée de 1986).....</i>	<i>241</i>

<i>figure 76 : Répartition spatiale des fortes valeurs d'entropie (composition colorée de 1986).....</i>	<i>242</i>
<i>figure 77 : Distribution des niveaux de gris dans le plan factoriel 2-3, canaux bruts 2 et 3. ....</i>	<i>244</i>
<i>figure 78 : Mouvements des régions selon les partitions en nombre croissant de classes, dans les plans 1-2 et 2-3.....</i>	<i>247</i>
<i>figure 79 : Types de méthode d'intégration des informations radiométrique et texturale.....</i>	<i>250</i>
<i>figure 80 : L'apport des données texturales dans le regroupement des régions.....</i>	<i>252</i>
<i>figure 81 : Les caractères thématiques mis en évidence par le plan 2-3.....</i>	<i>253</i>
<i>figure 82 : Exemple de textures et d'association de couleurs comparables pour des cas de figure différents.....</i>	<i>254</i>
<i>figure 83 : Schéma de principe du calcul de l'entropie propre d'une couleur. ....</i>	<i>255</i>
<i>figure 84 : Les cinq cas d'agencement de pixels binaires dans une fenêtre 3x3, et les valeurs d'entropie correspondantes. ....</i>	<i>256</i>
<i>figure 85 : Exemple d'analyse d'une association de couleurs, selon leur texture propre.....</i>	<i>258</i>
<i>figure 86 : Organisation des couleurs selon les degrés d'entropie, à l'intérieur des nuages (exemple du plan 2-3).....</i>	<i>259</i>
<i>figure 87 : Association de couleurs en dégradés : mise en évidence selon les textures propres.....</i>	<i>260</i>
<i>figure 88 : Distribution des classes de couleurs dans le nuage factoriel 1-2-3, 51 régions.....</i>	<i>263</i>
<i>figure 89 : Distribution spatiale des 6 classes de couleurs - 51 régions.....</i>	<i>267</i>
<i>figure 90 : Distribution des classes de texture dans le plan factoriel 1-2.....</i>	<i>268</i>
<i>figure 91 : Types de texture selon les classes texturales. ....</i>	<i>271</i>
<i>figure 92 : Distribution spatiale des 4 classes de texture - 51 régions.....</i>	<i>271</i>
<i>figure 93 : Structures de l'image et thèmes, synthèse.....</i>	<i>275</i>
<i>figure 94 : Les 51 régions, selon leur milieu d'appartenance. ....</i>	<i>277</i>
<i>figure 95 : Structures majeures du sud de l'agglomération.....</i>	<i>278</i>
<i>figure 96 : Superposition de l'information exogène issue du POS, à l'image SPOT ....</i>	<i>283</i>
<i>figure 97 : Caractéristiques de couleurs des espaces verts sur l'image, en fonction de leur localisation.....</i>	<i>287</i>
<i>figure 98 : Carré des séquences de couleurs : différences de correspondance avec les principaux thèmes d'occupation du sol, selon la localisation. ....</i>	<i>288</i>
<i>figure 99 : Relations entre les thèmes d'occupation du sol et la texture d'image.....</i>	<i>291</i>
<i>figure 100 : Les grands types d'urbanisation dans l'espace factoriel 1-2-3 des couleurs.....</i>	<i>307</i>
<i>figure 101 : Les types d'urbanisation d'après le croisement des classifications.....</i>	<i>308</i>

<i>figure 102 :</i>	<i>Mouvements des secteurs dans le tableau du croisement, selon leur évolution urbaine.</i>	<i>309</i>
<i>figure 103 :</i>	<i>Localisation des 26 zones d'enquête.</i>	<i>320</i>
<i>figure 104 :</i>	<i>Conditions de prise en compte du bâti.</i>	<i>331</i>
<i>figure 105 :</i>	<i>L'objet observé par rapport à l'axe de mesure.</i>	<i>332</i>
<i>figure 106 :</i>	<i>Différents découpages de l'espace, selon le critère de description.</i>	<i>333</i>
<i>figure 107 :</i>	<i>Le paysage codé, et sa reconstruction sur les critères de forme et de matériau.</i>	<i>334</i>
<i>figure 108 :</i>	<i>Densité linéaire du bâti par zone.</i>	<i>342</i>
<i>figure 109 :</i>	<i>Tailles moyennes du bâti et de l'inter-bâti.</i>	<i>344</i>
<i>figure 110 :</i>	<i>Proportions de distances construites et non construites.</i>	<i>345</i>
<i>figure 111 :</i>	<i>Proportions d'immeubles d'habitation et de service, par zone.</i>	<i>346</i>
<i>figure 112 :</i>	<i>Proportions de maisons individuelles d'habitation et de service, par zone.</i>	<i>346</i>
<i>figure 113 :</i>	<i>Répartition et densité du bâti individuel par zone.</i>	<i>347</i>
<i>figure 114 :</i>	<i>Répartition du bâti industriel par zone.</i>	<i>348</i>
<i>figure 115 :</i>	<i>Principaux matériaux de toiture, par zone.</i>	<i>349</i>
<i>figure 116 :</i>	<i>Répartition des chantiers par zone.</i>	<i>353</i>
<i>figure 117 :</i>	<i>Densité de maisons individuelles, de bâtiments industriels et de chantiers, par zone.</i>	<i>354</i>
<i>figure 118 :</i>	<i>Densité de terrains vagues, d'espaces domestiques, et de terres agricoles, par zone.</i>	<i>358</i>
<i>figure 119 :</i>	<i>Distribution spatiale des principaux matériaux constituant l'inter-bâti, par zone.</i>	<i>361</i>
<i>figure 120 :</i>	<i>Tailles moyennes des manzanas, par transect et par zone.</i>	<i>363</i>
<i>figure 121 :</i>	<i>Écarts-types des tailles de manzanas, par transect et par zone.</i>	<i>365</i>
<i>figure 122 :</i>	<i>Proportions de rues à tracé courbe, par zone (%).</i>	<i>366</i>
<i>figure 123 :</i>	<i>Proportion de rues goudronnées dans le réseau, par zone (%).</i>	<i>368</i>
<i>figure 124 :</i>	<i>Quantité de végétation arborée et herbacée, par zone.</i>	<i>370</i>
<i>figure 125 :</i>	<i>Quelques profils de végétation.</i>	<i>373</i>
<i>figure 126 :</i>	<i>Exemples de coupes urbaines établies à partir des transects, sur une distance de 500 m.</i>	<i>375</i>
<i>figure 127 :</i>	<i>Séquence de dispersion du bâti, zone Z25.</i>	<i>377</i>
<i>figure 128 :</i>	<i>Exemples de séquences pour différents types d'urbanisation.</i>	<i>377</i>
<i>figure 129 :</i>	<i>Les différentes partitions possibles à partir des données de terrain.</i>	<i>383</i>
<i>figure 130 :</i>	<i>Répartition des 6 types de quartiers dans les 43 régions urbaines.</i>	<i>400</i>
<i>figure 131 :</i>	<i>Histogrammes des canaux bruts 2 et 3, images de 1986 et 1989.</i>	<i>407</i>
<i>figure 132a :</i>	<i>La composition colorée de 1989, zone d'étude (secteur ouest).</i>	<i>411</i>
<i>figure 132b :</i>	<i>La composition colorée de 1989, zone d'étude (secteur est).</i>	<i>412</i>

<i>figure 133 :</i>	<i>Répartition des principaux thèmes dans l'espace factoriel 1-2-3, selon l'image de 1989.....</i>	<i>414</i>
<i>figure 134 :</i>	<i>Répartition des associations de couleurs dans le tableau des croisements, image de 1989. ....</i>	<i>417</i>
<i>figure 135 :</i>	<i>Répartition des valeurs d'entropie dans le tableau des croisements, image de 1989.....</i>	<i>418</i>
<i>figure 136 :</i>	<i>Extension des classes typologiques de terrain par rapport aux classes d'image.....</i>	<i>421</i>
<i>figure 137 :</i>	<i>Relations entre les couleurs de la composition colorée (R36) et les surfaces d'inter-bâti, pour les secteurs de marches urbaines (zone Z12). ....</i>	<i>423</i>
<i>figure 138 :</i>	<i>Exemples de couleurs déterminées selon la nature du sol et sa proportion occupée par la végétation. ....</i>	<i>425</i>
<i>figure 139 :</i>	<i>Ecart observé entre les couleurs du secteur R7 et les matériaux de la zone Z17.....</i>	<i>427</i>
<i>figure 140 :</i>	<i>Relations entre le couvert végétal (Z20) et les couleurs rouges de la composition colorée (R32). ....</i>	<i>429</i>
<i>figure 141 :</i>	<i>Exemple de caractérisation des quartiers-jardins par les objets-végétation (zone Z20).....</i>	<i>430</i>
<i>figure 142 :</i>	<i>Localisation des principaux foyers de végétation dans le sud de l'agglomération, selon 31 couleurs rouges (1989).....</i>	<i>431</i>
<i>figure 143 :</i>	<i>Répartition des couleurs selon les deux groupes de la classe 4 (régions R12 et R1).....</i>	<i>432</i>
<i>figure 144 :</i>	<i>Répartition des matériaux de surface (zone Z3).....</i>	<i>433</i>
<i>figure 145 :</i>	<i>Répartition des couleurs (R33) et des matériaux de surface dans les secteurs formant la classe 5 (zone Z25).....</i>	<i>436</i>
<i>figure 146 :</i>	<i>Répartition des couleurs selon les deux groupes de la classe 6 (régions R8 et R18).....</i>	<i>437</i>
<i>figure 147 :</i>	<i>Répartition des matériaux de surface selon les deux groupes distingués par les classifications d'image (zones Z1 et Z10).....</i>	<i>438</i>
<i>figure 148 :</i>	<i>Correspondances des matériaux de surface et du croisement des classes issues de l'image. ....</i>	<i>441</i>
<i>figure 149 :</i>	<i>Correspondances du procel, de la surface végétalisée et du croisement des classes issues de l'image.....</i>	<i>442</i>
<i>figure 150 :</i>	<i>Principaux mouvements apparents des régions dans le plan factoriel 1-2 entre 1986 et 1989 (couleurs).....</i>	<i>447</i>
<i>figure 151 :</i>	<i>Principe de la superposition des données de 1989 aux structures de l'image de 1986.....</i>	<i>451</i>
<i>figure 152 :</i>	<i>Principaux mouvements des régions dans les structures de l'image de 86, selon leurs caractéristiques de 89 (plan 1-2).....</i>	<i>452</i>

<i>figure 153 :</i>	<i>Principaux mouvements des régions dans les structures de l'image de 86, selon leurs caractéristiques de 89 (plan 2-3).....</i>	<i>453</i>
<i>figure 154 :</i>	<i>Localisation des polygones de stabilité. ....</i>	<i>455</i>
<i>figure 155 :</i>	<i>Etude diachronique par les structures invariantes, schéma de principe. ....</i>	<i>456</i>
<i>figure 156 :</i>	<i>Structures invariantes entre 1986 et 1989 déterminées par les 3 premiers axes des A.F.C.....</i>	<i>458</i>
<i>figure 157 :</i>	<i>Principaux mouvements des régions dans les structures invariantes (plans 1-2 et 2-3).....</i>	<i>460</i>
<i>figure 158 :</i>	<i>Changements des couleurs à forts effectifs dans la région R1, entre les images de 86 et 89.....</i>	<i>461</i>
<i>figure 159 :</i>	<i>Changements des couleurs à forts effectifs dans la région R51, entre les images de 86 et 89.....</i>	<i>463</i>
<i>figure 160 :</i>	<i>Changements des couleurs à forts effectifs dans la région R45, entre les images de 86 et 89.....</i>	<i>464</i>
<i>figure 161 :</i>	<i>Deux cas de mouvements inverses des couleurs rouges liés aux étalonnages radiométriques différant selon les saisons. ....</i>	<i>467</i>
<i>figure 162 :</i>	<i>Principe d'une étude diachronique systématique par quadrats, selon les structures d'image.....</i>	<i>469</i>
<i>figure 163 :</i>	<i>Principe de construction des compositions colorées diachroniques selon les différences radiométriques. ....</i>	<i>474</i>
<i>figure 164a :</i>	<i>Composition colorée des différences radiométriques, image directe (secteur ouest). ....</i>	<i>476</i>
<i>figure 164b :</i>	<i>Composition colorée des différences radiométriques, image directe (secteur est). ....</i>	<i>477</i>
<i>figure 165a :</i>	<i>Composition colorée des différences radiométriques, image opposée (secteur ouest). ....</i>	<i>478</i>
<i>figure 165b :</i>	<i>Composition colorée des différences radiométriques, image opposée (secteur est). ....</i>	<i>479</i>
<i>figure 166 :</i>	<i>Principe de construction des images des différences d'entropie.....</i>	<i>480</i>
<i>figure 167 :</i>	<i>Principe de construction des compositions colorées diachroniques selon les différences texturales (écarts-types locaux). ....</i>	<i>482</i>
<i>figure 168 :</i>	<i>Exemple de mise en évidence d'un changement sur l'image lié à la végétation.....</i>	<i>485</i>
<i>figure 169 :</i>	<i>Exemple d'une même couleur obtenue à partir de deux informations initiales différentes. ....</i>	<i>486</i>
<i>figure 170 :</i>	<i>Exemples de formes apparaissant sur l'image diachronique des textures.....</i>	<i>493</i>
<i>figure 171 :</i>	<i>Création de l'Unidad Habitacional Solidaridad (compositions colorées de 1986, 1989, et des différences radiométriques). ....</i>	<i>502</i>

<i>figure 172 :</i>	<i>Urbanisation de San Agustín-Las Alamedas (compositions colorées de 1986, 1989, et 1990).</i>	<i>502</i>
<i>figure 173 :</i>	<i>Unidad Habitacional Solidaridad : structures urbaines d'après interprétation de l'image (1990).</i>	<i>503</i>
<i>figure 174 :</i>	<i>Croquis récapitulatif des changements survenus à Nezahualcóyotl entre 1986 et 1990</i>	<i>505</i>
<i>figure 175 :</i>	<i>La croissance spatiale du quartier d'Almontila.</i>	<i>507</i>
<i>figure 176 :</i>	<i>Les changements observables à Almontila sur les compositions colorées de 1986, 1989 et des différences radiométriques.</i>	<i>508</i>
<i>figure 177 :</i>	<i>L'urbanisation du casco urbano, de 1986 à 1990, compositions colorées et image diachronique.</i>	<i>508</i>
<i>figure 178 :</i>	<i>Urbanisation du secteur San Agustín-Las Alamedas, d'après les images de 1986, 1989 et 1990.</i>	<i>510</i>
<i>figure 179 :</i>	<i>Front urbain au nord-est de Chimalhuacán.</i>	<i>513</i>
<i>figure 180 :</i>	<i>Croissance urbaine de Guadalupe (Chimalhuacán est).</i>	<i>515</i>
<i>figure 181 :</i>	<i>Croquis récapitulatif des changements survenus à Chimalhuacán entre 1986 et 1990.</i>	<i>516</i>
<i>figure 182 :</i>	<i>L'urbanisation sur les piémonts des cerros, Iztapalapa est.</i>	<i>517</i>
<i>figure 183 :</i>	<i>Evolution dans le secteur du Tetecon.</i>	<i>519</i>
<i>figure 184 :</i>	<i>L'urbanisation de Renovación et ses alentours, nord-ouest d'Iztapalapa.</i>	<i>521</i>
<i>figure 185 :</i>	<i>Croquis récapitulatif des changements survenus à Iztapalapa entre 1986 et 1990.</i>	<i>522</i>
<i>figure 186 :</i>	<i>Exemple de structuration de l'espace urbain à partir de l'organisation du parcellaire antérieur.</i>	<i>524</i>
<i>figure 187 :</i>	<i>Changements aux alentours de la colonie Renovación (compositions colorées de 1986, 1989 et des différences radiométriques).</i>	<i>525</i>
<i>figure 188 :</i>	<i>Changements à Iztapalapa au sud-est de La Estrella (compositions colorées de 1986, 1989 et des différences radiométriques).</i>	<i>525</i>
<i>figure 189 :</i>	<i>La décharge de la Caldera et le nord de Chalco (compositions colorées de 1986, 1989 et 1990).</i>	<i>525</i>
<i>figure 190 :</i>	<i>Urbanisation d'un secteur lacustre : la colonie Villa Centro-americana (Tláhuac).</i>	<i>525</i>
<i>figure 191 :</i>	<i>Croquis récapitulatif des changements survenus à La Páz entre 1986 et 1990.</i>	<i>526</i>
<i>figure 192 :</i>	<i>Situation de la décharge de La Caldera, et évolution du secteur urbain environnant entre 1986 et 1990.</i>	<i>527</i>
<i>figure 193 :</i>	<i>L'urbanisation d'Ixtapaluca entre 1986 et 1990 d'après l'extension des couleurs sur les compositions colorées.</i>	<i>528</i>

<i>figure 194 :</i>	<i>Extensions récentes, sud de la zone urbanisée de Tlalpan.....</i>	<i>534</i>
<i>figure 195 :</i>	<i>Changements observés dans les délégations d'A.Obregon et Tlalpan. ....</i>	<i>535</i>
<i>figure 196 :</i>	<i>Changements observés dans la délégation de Xochimilco entre 1986 et 1989.....</i>	<i>539</i>
<i>figure 197 :</i>	<i>Les extensions urbaines dans les zones naturelles protégées, à Tláhuac, d'après l'image de 1990.....</i>	<i>542</i>
<i>figure 198 :</i>	<i>Les mutations du pueblo Sta Catarina Yecahuizotl, Tláhuac, d'après interprétation visuelle sur les images de 1986 et de 1990.....</i>	<i>543</i>
<i>figure 199 :</i>	<i>Les changements urbains intervenus à Tláhuac, entre 1986 et 1990. ....</i>	<i>544</i>
<i>figure 200 :</i>	<i>Evolution de la tache urbaine de Chalco, selon les images des trois dates.....</i>	<i>545</i>
<i>figure 201 :</i>	<i>Progression de l'urbanisation à Chalco nord (1986-1990).....</i>	<i>547</i>
<i>figure 202 :</i>	<i>Développement de la colonie San Lorenzo entre 1986 et 1989 (compositions colorées). ....</i>	<i>549</i>
<i>figure 203 :</i>	<i>Développement à Chalco : l'ouest du cerro Xico (compositions colorées de 1986, 1989 et des différences radiométriques.....</i>	<i>549</i>
<i>figure 204 :</i>	<i>Croissance autour du Vieux Chalco (compositions colorées de 1986, 1989 et 1990).....</i>	<i>549</i>
<i>figure 205 :</i>	<i>Processus d'urbanisation au nord-est de Chalco-village.....</i>	<i>551</i>
<i>figure 206 :</i>	<i>Progression de l'urbanisation à la périphérie de Chalco-village (1986-1990).....</i>	<i>552</i>
<i>figure 207 :</i>	<i>Exemple de mitage de l'espace agricole, à l'est de Unión de Guadalupe (Chalco). ....</i>	<i>553</i>
<i>figure 208 :</i>	<i>Changements survenus dans le municipe de Chalco (1986-1990). ....</i>	<i>554</i>
<i>figure 209 :</i>	<i>Eléments du modèle de métropolisation locale représentés à Chalco (1986-1990).....</i>	<i>555</i>
<i>figure 210 :</i>	<i>Changements liés à l'urbanisation, dans le sud-est de l'agglomération, seconde moitié des années 80.....</i>	<i>559</i>
<i>figure 211 :</i>	<i>Pressions et mouvements urbains, sud-est de l'agglomération. ....</i>	<i>562</i>
<i>figure 212 :</i>	<i>Cinématique de l'urbanisation, à l'est (Chimalhuacán et Chalco). ....</i>	<i>563</i>
<i>figure 213 :</i>	<i>Tendances générales de la croissance dans le sud-est de l'agglomération, au début des années 90 (croquis).....</i>	<i>566</i>
<i>figure 214 :</i>	<i>Etat des zones de contact ville/milieu naturel.....</i>	<i>568</i>



# Liste des tableaux

---

tableau 1 :	<i>Nombre de familles installées par lot autorisé : un indicateur d'urbanisation légale.</i> .....	45
tableau 2 :	<i>Taux de natalité, de mortalité et de croissance naturelle de l'agglomération de Mexico - 1960-1980 (%)</i> .....	47
tableau 3 :	<i>Population et nombre de logements par division administrative conurbalisée, d'après les recensements de 1980 et 1990.</i> .....	52
tableau 4 :	<i>Industries de transformation par division administrative dont le nombre d'établissements est supérieur à 900 en 1980.</i> .....	88
tableau 5 :	<i>Secteurs de distribution et nature des espaces verts.</i> .....	92
tableau 6 :	<i>Nombre de véhicules à moteur de 1940 à 1988 en milliers d'unités</i> .....	93
tableau 7 :	<i>Volumes de population (en milliers d'habitants) et densités (en hab./km<sup>2</sup>-urbain) des municipales de la Vallée de Chalco (1976, 1984, 1988)</i> .....	137
tableau 8 :	<i>Proportion des matériaux de construction utilisés à Chalco (1990).</i> .....	144
tableau 9 :	<i>Bornes retenues pour la composition colorée de 1986.</i> .....	168
tableau 10 :	<i>Associations des couleurs présentes sur la composition colorée.</i> .....	200
tableau 11 :	<i>Répartition des 51 régions selon les six classes de couleurs - image de 1986.</i> .....	262
tableau 12 :	<i>Résumé des caractères géographiques selon les classes de couleurs.</i> .....	266
tableau 13 :	<i>Répartition des 51 régions selon les quatre classes de texture - image de 1986.</i> .....	268
tableau 14 :	<i>Distribution des 51 régions d'image dans le croisement des deux classifications.</i> .....	272
tableau 15 :	<i>Principaux thèmes correspondant au croisement des classifications.</i> .....	274
tableau 16 :	<i>Répartition des 51 régions selon les milieux naturel et urbain.</i> .....	276
tableau 17 :	<i>Les thèmes d'occupation du sol d'après les couleurs, par délégations.</i> .....	295
tableau 18 :	<i>Répartition des 43 régions urbaines selon les cinq classes de couleur - image de 1986.</i> .....	297
tableau 19 :	<i>Correspondances des classes de régions avec les principales couleurs.</i> .....	297
tableau 20 :	<i>Répartition des 43 régions urbaines dans les quatre classes de texture - image de 1986.</i> .....	298

<i>tableau 21 : Distribution des 43 régions de l'image urbaine selon le croisement des deux classifications.....</i>	<i>299</i>
<i>tableau 22: Typologie des quartiers d'après le croisement des classifications d'image.....</i>	<i>300</i>
<i>tableau 23 : Correspondance des zones et des régions.....</i>	<i>322</i>
<i>tableau 24 : Correspondances des questions terrain et image.....</i>	<i>325</i>
<i>tableau 25 : Correspondances des thèmes d'enquête et des questions terrain.....</i>	<i>327</i>
<i>tableau 26 : Nomenclature de terrain et codes de description.....</i>	<i>328</i>
<i>tableau 27 : Quelques indicateurs de terrain.....</i>	<i>341</i>
<i>tableau 28 : Comparaison des proportions de matériaux de toit d'après l'enquête de télédétection et l'enquête de Chalco (%)......</i>	<i>352</i>
<i>tableau 29 : Statistiques élémentaires des trois canaux bruts, images de 1986 et 1989....</i>	<i>408</i>
<i>tableau 30 : Bornes de la composition colorée, image de 1989.....</i>	<i>410</i>
<i>tableau 31 : Répartition des 43 régions urbaines après croisement des classifications - image de 1989.....</i>	<i>416</i>
<i>tableau 32 : Synthèse des caractères de couleur et de texture, image de 1989.....</i>	<i>419</i>
<i>tableau 33 : Répartition des 26 zones d'enquête selon le croisement des classifications d'image.....</i>	<i>421</i>
<i>tableau 34 : Valeurs de quelques indicateurs de terrain selon les classifications d'image.....</i>	<i>443</i>
<i>tableau 35 : Moyennes des niveaux de gris correspondant à la couleur 105 pour les trois compositions colorées.....</i>	<i>450</i>
<i>tableau 36 : Complémentarité de l'information, selon les sens diachroniques.....</i>	<i>490</i>
<i>tableau 37 : Caractéristiques des bruits de CC(89)-(86) et CC(86)-(89).....</i>	<i>491</i>
<i>tableau 38 : Caractéristiques des particules des images diachroniques.....</i>	<i>492</i>
<i>tableau 39 : Caractéristiques du bâti dans les zones 3 et 26 (Chimalhuacán, mai 90). ....</i>	<i>512</i>

# Liste des Annexes

---

- Annexe 1 : A.F.C. des 51 régions selon les couleurs, composition colorée de 1986, impression des résultats.
- Annexe 2 : Moyennes radiométriques correspondant aux couleurs des compositions colorées.
- Annexe 3 : A.F.C. des 51 régions selon la texture (entropie), composition colorée de 1986, impression des résultats.
- Annexe 4 : C.A.H. des 51 régions selon les couleurs, composition colorée de 1986, impression des résultats.
- Annexe 5 : C.A.H. des 51 régions selon la texture (entropie), composition colorée de 1986, impression des résultats.
- Annexe 6 : A.F.C. des 51 régions selon les couleurs et la texture (entropie), composition colorée de 1986, impression des résultats.
- Annexe 7 : A.F.C. des 51 régions selon la texture propre des couleurs, composition colorée de 1986, impression des résultats.
- Annexe 8 : Nomenclature des thèmes d'occupation du sol du POS du DDF, nomenclature simplifiée utilisée dans l'analyse d'image.
- Annexe 9 : A.F.C. des thèmes du POS selon les couleurs, composition colorée de 1986, impression des résultats.
- Annexe 10 : Questionnaire de l'enquête de terrain.
- Annexe 11 : C.A.H. selon les données de terrain, impression des résultats.
- Annexe 12 : A.F.C. des 51 régions selon les couleurs, composition colorée de 1989, impression des résultats.
- Annexe 13 : A.F.C. des 51 régions selon la texture (entropie), composition colorée de 1989, impression des résultats.
- Annexe 14 : Mouvements des régions selon leurs caractéristiques de couleurs sur l'image de 1989 par rapport à celles de l'image de 1986, A.F.C.
- Annexe 15 : Mouvements des régions selon leurs caractéristiques de couleurs sur l'image de 1986 par rapport à des polygones invariants, A.F.C.
- Annexe 16 : Mouvements des régions selon leurs caractéristiques de couleurs sur l'image de 1989 par rapport à des polygones invariants, A.F.C.
- Annexe 17 : Localisation des zones d'enquête dans les structures issues d'une A.F.C. par les régions, A.F.C.

# Table des matières

---

## Avant-propos

Sommaire .....	1
----------------	---

Résumé - <i>Resumen</i> - <i>Abstract</i> .....	3
---	---

Introduction.....	10
-------------------	----

## 1ère partie

Evolution et structures de la ville de Mexico.....	16
--	----

Chapitre 1 : Milieu naturel et contexte historique.....	19
---	----

1. Le milieu naturel.....	19
1.1. Relief et lacs.....	20
1.2. Climat et précipitations .....	22
1.3. Contexte pédologique et végétation .....	23
2. Evolution de Mexico jusqu'au milieu du XXème siècle .....	28
2.1. La fondation de Mexico-Tenochtitlan.....	29
2.2. L'ère hispanique.....	32
2.3. Evolution des structures urbaines de 1821 à 1940.....	35

Chapitre 2 : Le Mexico moderne : croissance de 1940 à 1990 .....	40
--	----

1. Croissance démographique et spatiale.....	40
1.1. Période 1940-1950.....	40
1.2. Période 1950-1960.....	41
1.3. Période 1960-1970.....	43
1.4. Période 1970-1980.....	46
1.4.1. Volume démographique.....	46
1.4.2. Croissance démographique.....	47
1.5. Période de 1980 à 1990.....	49
2. Processus d'urbanisation.....	54
2.1. Les conditions socio-économiques de l'appropriation des terres : migrations et consolidation .....	57
2.1.1. Migrations .....	57
2.1.2. Consolidation .....	60

2.2. Métropolisation.....	62
3. Espace et démographie.....	65
3.1. Surfaces urbanisées.....	65
3.2. Densités.....	68
3.3. Relations entre expansion démographique et expansion spatiale.....	71
<b>Chapitre 3 : Structures générales de l'agglomération de Mexico.....</b>	<b>75</b>
1. Occupation du sol.....	75
1.1. Les zones résidentielles.....	77
1.1.1. Structure des quartiers résidentiels.....	81
1.1.2. Qualité des logements.....	85
1.2. Les zones industrielles.....	87
1.3. Environnement et espaces verts.....	89
2. Les réseaux de communication.....	93
2.1. Le réseau principal.....	93
2.2. Le réseau secondaire.....	96
2.3. Métropole et réseaux.....	98
<b>Chapitre 4 : Les délégations et municipales de l'agglomération de Mexico.....</b>	<b>102</b>
1. Nezahualcóyotl.....	103
2. Chimalhuacán.....	106
3. Iztapalapa.....	110
4. La Paz.....	113
5. Ixtapaluca.....	116
6. Alvaro Obregon.....	120
7. Tlalpan.....	122
8. Xochimilco.....	126
9. Tláhuac.....	129
<b>Chapitre 5 : Chalco.....</b>	<b>134</b>
1. Croissance urbaine dans la Vallée de Chalco.....	135
2. Structures urbaines de Chalco.....	137
<b>Conclusion de la 1ère partie : développement urbain et télédétection.....</b>	<b>149</b>
<b>2ème partie</b>	
<b>La composition colorée de 1986.....</b>	<b>157</b>
<b>Chapitre 6 : Composition colorée de 1986 : principe et analyse visuelle.....</b>	<b>162</b>
1. Les données et la méthode utilisées.....	163
1.1. L'image.....	163
1.2. La composition colorée.....	164
1.2.1. Principe de la composition colorée.....	164
1.2.2. Réalisation de la composition colorée.....	166
2. Aspect général de la composition colorée de 1986, partie sud.....	168
3. Relations entre les caractères observés sur la composition colorée et l'information géographique.....	174

3.1. le Centre.....	175
3.2. Nezahualcóyotl.....	180
3.3. Chimalhuacán.....	184
3.4. Iztapalapa.....	186
3.5. La Paz.....	187
3.6. Ixtapaluca.....	189
3.7. Alvaro Obregón et Tlalpan.....	190
3.8. Xochimilco.....	193
3.9. Tláhuac.....	194
3.10. Chalco.....	195
4. De la couleur à la structure.....	198
4.1. Fonds.....	199
4.2. Particules.....	200
4.2.1. Particules polygonales.....	200
4.2.2. Linéaments.....	202
4.3. Organisation spatiale des couleurs.....	203
5. Zonage de la composition colorée sur des critères visuels.....	206
<b>Chapitre 7 : Structures de l'image de 1986.....</b>	<b>211</b>
1. Structures générales de l'image d'après les couleurs.....	212
1.1. Les axes factoriels.....	213
1.2. L'espace factoriel 1-2-3.....	218
1.3. Retour à l'information spectrale.....	221
1.3.1. Caractéristiques spectrales des variables du plan 1-2.....	221
1.3.2. Caractéristiques spectrales des variables du plan 2-3.....	225
1.3.3. Structures des sous-nuages, aspects radiométriques.....	227
1.3.4. Trame radiométrique.....	230
1.3.5. Séquences de couleurs.....	234
2. Structures générales de l'image d'après la texture.....	235
2.1. Choix de l'indicateur de texture et mode de calcul.....	236
2.2. Structure de l'image texturale et interprétation.....	238
3. Remarques sur les structures d'image.....	243
3.1. Structures radiométriques de l'image brute.....	244
3.2. Structures d'images classées.....	245
3.3. Structures texturales de l'image brute.....	246
<b>Chapitre 8 : Classifications et typologie des régions de l'image.....</b>	<b>250</b>
1. Intégration de l'information radiométrique et de l'information texturale.....	251
1.1. Intégration directe des deux informations.....	251
1.2. Texture propre des couleurs.....	254
1.2.1. Mode de calcul de la texture propre.....	254
1.2.2. Résultats et interprétation.....	257
2. Classifications des régions.....	261
2.1. Classification selon l'Analyse sur les couleurs.....	262
2.1.1. Classes, espace factoriel et couleurs.....	263
2.1.2. Caractères des classes et leur signification géographique.....	264
2.2. Classification selon l'Analyse sur la texture.....	267
3. Typologie des régions d'image par croisement des classifications.....	272
4. Détermination des secteurs urbains.....	276
<b>Chapitre 9 : L'image urbaine.....</b>	<b>281</b>
1. Relations entre la composition colorée et une information exogène : le Plan d'Occupation du Sol.....	281
1.1. Superposition du Plan d'Occupation du Sol à l'image SPOT.....	282
1.2. Relations entre l'image et le Plan : aspects radiométriques.....	284
1.2.1. Caractères généraux.....	284

1.2.2. Caractères locaux.....	287
1.3. Relations entre l'image et le Plan : aspects texturaux.....	290
1.4. L'expression du P.O.S. par l'image selon les délégations.....	291
2. Structures de l'image et quartiers urbains.....	294
2.1. Structures de l'image urbaine.....	295
2.1.1. Classification des régions urbaines d'après la couleur.....	296
2.1.2. Classification des régions urbaines d'après la texture.....	298
2.2. Les grands types de quartiers urbains.....	299
2.2.1. Quartier-jardin des résidences de luxe.....	301
2.2.2. Quartiers pavillonnaires de type populaire.....	302
2.2.3. Quartiers multifonctions.....	303
2.2.4. Quartiers industriels et de services.....	304
2.2.5. Quartiers en cours d'urbanisation.....	305
2.2.6. Quartiers en création.....	306
<b>Conclusion de la 2ème partie.....</b>	<b>312</b>

### 3ème partie

<b>L'enquête de terrain.....</b>	<b>315</b>
----------------------------------	------------

#### **Chapitre 10 : Objectifs et principes de l'enquête de terrain.....**

1. Objectifs de l'enquête.....	318
2. Zones enquêtées.....	319
2.1. Définition et localisation des zones d'enquête.....	319
2.2. Représentativité.....	321
3. Principes de la méthode d'enquête.....	323
4. Critères de description et questions terrain.....	325
5. Nomenclatures, questionnaire d'enquête et codes de description.....	327
5.1. Sous-division de description des objets (objetos).....	327
5.2. Sous-division de description des rues(calles seguidas).....	329
5.3. Sous-division des informations supplémentaires (observaciones).....	329
6. Règles d'enquête et conditions d'utilisation des codes.....	330
7. Reconstitution du paysage codé.....	332
8. Remarques sur la méthode.....	335
9. Déroulement de l'enquête.....	337
9.1. Fonctionnement des équipes.....	337
9.2. Les difficultés rencontrées.....	337

#### **Chapitre 11 : Analyse de l'information de terrain, aspects généraux.....**

1. Le bâti et l'inter-bâti.....	341
1.1. Définition des indicateurs.....	341
1.2. Caractérisation des zones par le bâti.....	341
1.2.1. Densité du bâti.....	341
1.2.2. Caractérisation par la nature-fonction du bâti.....	345
1.2.3. Caractérisation par les matériaux du bâti.....	348
1.2.4. Chantiers et dynamisme urbain.....	352
1.3. Caractérisation des zones par l'inter-bâti.....	356
1.3.1. Caractère de l'inter-bâti.....	356
1.3.2. Caractérisation par les matériaux de l'inter-bâti.....	359

2. La voirie.....	362
2.1. Taille des manzanas.....	362
2.2. Rectilignité de la voirie.....	366
2.3. Matériaux de revêtement de la voirie.....	367
3. La végétation.....	369
4. Représentations globales.....	372
4.1. Profils de zones.....	372
4.2. Coupes urbaines.....	374
4.3. Séquences de dispersion.....	376

## **Chapitre 12 : Typologie établie à partir des relevés terrain ..... 380**

1. Variables retenues pour la classification .....	380
2. Classification et partitions résultantes.....	381
3. Caractéristiques géographiques des différents types de quartiers .....	383
3.1. Division 1 : quartiers à faible densité de construction.....	384
3.1.1. Classe 1 : marches urbaines.....	385
3.1.2. Classe 2 : quartier industriel en développement.....	386
3.1.3. Classe 3 : quartier résidentiel de luxe .....	389
3.2. Division 2 : quartiers précaires à forte croissance.....	390
3.3. Division 3 : quartiers densément urbanisés.....	392
3.3.1. Classe 5 : quartiers anciens.....	393
3.3.2. Classe 6 : quartiers d'urbanisation récente .....	395
3.4. Répartition spatiale des classes.....	398

## **Conclusion de la 3ème partie..... 401**

## **4ème partie**

### **L'image de 1989, études diachroniques..... 404**

## **Chapitre 13 : L'image de 1989, correspondance des informations satellitaire et de terrain ..... 406**

1. L'image SPOT multibande de 1989.....	406
1.1. Caractères généraux.....	407
1.2. Recalages des images de 1986 et 1989 .....	409
1.3. Structures de l'image de 1989.....	410
1.3.1. Structures d'après l'information radiométrique.....	410
1.3.2. Structures d'après l'information texturale .....	415
1.3.3. Classifications .....	416
2. Correspondances entre l'information satellitaire et l'information de terrain.....	420
2.1. Intégration des deux types d'information .....	420
2.2. Relations entre l'image et le terrain .....	422
2.2.1. Correspondance de l'image à la classe 1 de terrain.....	422
2.2.2. Correspondance à la classe 2 .....	426
2.2.3. Correspondance à la classe 3 .....	428
2.2.4. Correspondance à la classe 4 .....	432
2.2.5. Correspondance à la classe 5 .....	434
2.2.6. Correspondance à la classe 6 .....	437
2.3. Informations urbanométrique et satellitaire, synthèse .....	440



<b>Chapitre 14 : Etude diachronique par région</b> .....	445
1. Modifications des structures de l'image de 1989, par rapport à celles de 1986.....	445
1.1. Comparaison des structures indépendantes.....	446
1.1.1. Structures indépendantes des couleurs.....	446
1.1.2. Structures indépendantes de la texture.....	449
1.2. Superposition de l'information de 89 sur les structures de 86.....	449
1.3. Modifications par rapport à des structures invariantes.....	454
1.3.1. Mise en évidence des structures invariantes.....	456
1.3.2. Mouvements dans les structures invariantes.....	459
2. Les changements mis en évidence par l'étude des structures.....	459
2.1. L'urbanisation de Chimalhuacán.....	461
2.2. Urbanisation occulte à Renovación (Meyehualco).....	462
2.3. Expansion saisonnière de la végétation.....	464
2.4. Mouvements apparents.....	466

**Chapitre 15 : Le développement urbain du sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1990**..... 471

1. Construction des images diachroniques.....	472
1.1. Construction de l'image des différences radiométriques.....	472
1.2. Construction de l'image des différences texturales.....	475
1.2.1. Différences de texture d'après les compositions colorées initiales.....	480
1.2.2. Différences de texture d'après les canaux bruts rééталés.....	481
2. Caractères de l'information obtenue à partir des images diachroniques.....	483
2.1. Caractères de l'image diachronique des radiométries.....	484
2.1.1. Signification des couleurs d'une composition colorée diachronique.....	484
2.1.2. Nature et structure des changements.....	486
2.1.3. Sens diachronique, complémentarité et redondance.....	487
2.1.4. Caractères généraux des images diachroniques des radiométries.....	490
2.2. Caractères des images diachroniques des textures.....	492
3. Les transformations survenues au sud-est de l'agglomération de Mexico entre 1986 et 1990.....	494
3.1. Le Centre.....	495
3.1.1. Des chantiers au coeur de la ville.....	495
3.1.2. Création d'équipements.....	496
3.2. Nezahualcóyotl.....	498
3.2.1. Consolidation-fourmi.....	499
3.2.2. Création de nouvelles colonies.....	500
3.2.3. Croissance vers l'est.....	504
3.3. Chimalhuacán.....	506
3.3.1. Réduction des poches non-urbanisées.....	506
3.3.2. Consolidation dans un périmètre fixe.....	510
3.3.3. Le front urbain de l'est.....	513
3.4. Iztapalapa.....	516
3.4.1. Respect relatif et affermissement des limites urbaines.....	516
3.4.2. Des zones naturelles protégées soumises à l'urbanisation ?.....	519
3.4.3. Croissance intérieure.....	520
3.5. La Páz.....	523
3.6. Ixtapaluca.....	528
3.7. Alvaro Obregon et Tlalpan.....	529
3.7.1. Croissance spatiale vers l'Ajusco.....	530
3.7.2. Densification des quartiers résidentiels.....	531
3.7.3. Développement complexe le long du Périphérique.....	532
3.8. Xochimilco.....	535
3.8.1. Vieux Xochimilco : l'immobilité des centres historiques.....	536
3.8.2. Quartiers récents : le dynamisme des temps modernes.....	537
3.8.3. Domaine lacustre : réduction aux stricts besoins touristiques.....	538
3.9. Tláhuac.....	540
3.9.1. Développement des quartiers urbanisés en 1986.....	540
3.9.2. Croissance urbaine au nord et au sud.....	541
3.9.3. Réveil d'un pueblo ?.....	543

3.10. Chalco.....	544
3.10.1. Densification du Chalco des années 80 .....	546
3.10.2. Création du Chalco des années 90.....	547
4. Aspect régional du développement urbain observé sur les images .....	556
4.1. Les types de développement urbain.....	556
4.2. Les grands foyers d'expansion.....	558
4.3. Cinématique urbaine.....	561
4.3.1. Les mouvements de l'est.....	561
4.3.2. Les mouvements urbains du sud .....	564
4.3.3. Les mouvements aux confins d'Iztapalapa et Tláhuac .....	565
4.4. Urbanisation et milieu naturel.....	567
 <b>Conclusion de la 4ème partie.....</b>	 575
 <b>Conclusion générale.....</b>	 575
 <b>Glossaire .....</b>	 584
 <b>Bibliographie.....</b>	 590
 <b>Liste des figures.....</b>	 599
 <b>Liste des tableaux.....</b>	 608
 <b>Liste des annexes.....</b>	 610
 <b>Annexes</b>	

# Annexes

---



A D D A D - 89 -

ANALYSE DES CORRESPONDANCES (ANCCORR)  
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET

Annexe 1

INS. 1 - TITRE :  
AFC couleurs 51 regions (76)

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 19 columns (R1 to R19) and 1 row (PJ(J)).

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 19 columns (R20 to R38) and 1 row (PJ(J)).

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 17 columns (R39 to R51) and 1 row (PJ(J)).

LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.0000

HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES table with columns: ! NUM ! VAL PROPRE ! POURC. ! CUMUL ! VARIAT. ! and rows 2 to 20.

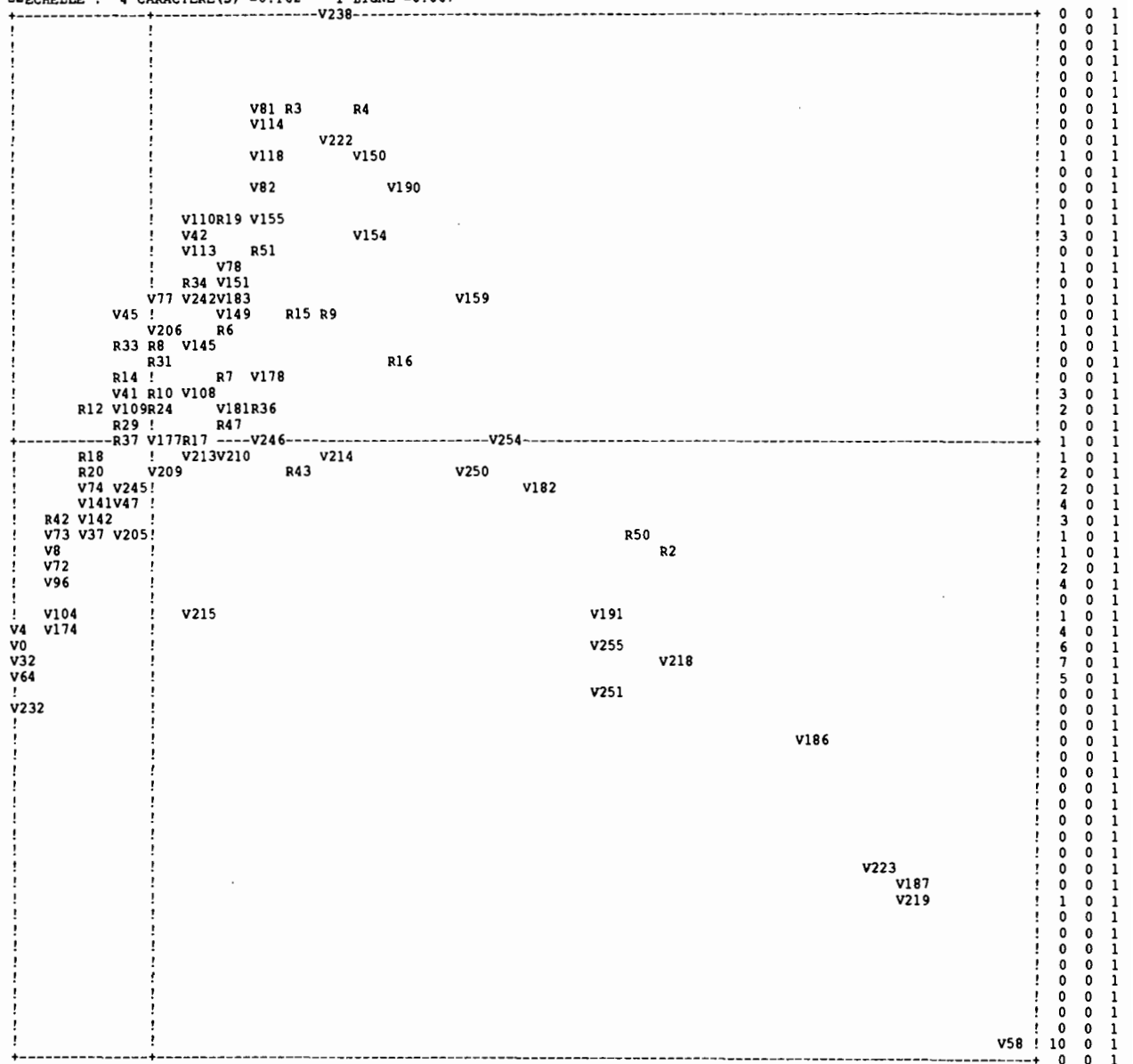
Table with columns: ! 1 ! QLT POID INR ! 1#F COR CTR ! 2#F COR CTR ! 3#F COR CTR ! 4#F COR CTR ! 5#F COR CTR ! 6#F COR CTR ! 7#F COR CTR ! and rows 1#V0 to 48#V145.





IAXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 2)--TITRE:AFC couleurs 51 regions

NOMBRE DE POINTS : 161
==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.162 1 LIGNE =0.067



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 68

- V146(V118) R35 (R19 ) V119(V42 ) V153(V42 ) V185(V42 ) R11 (V78 ) R5 (V77 ) R49 (V206) R13 (V41 ) R21 (R10 )
- R40 (R10 ) R28 (V109) R48 (R24 ) R39 (R37 ) R22 (R18 ) V241(V209) R26 (R20 ) R23 (V245) R30 (V74 ) V217(V47 )
- V233(V141) V237(V141) R38 (V141) R25 (V142) R27 (V142) R41 (V142) R46 (V73 ) V40 (V8 ) V105(V72 ) R44 (V72 )
- V140(V96 ) V173(V96 ) V228(V96 ) V229(V96 ) R32 (V104) V36 (V4 ) V69 (V4 ) V137(V4 ) V201(V174) V68 (V0 )
- V101(V0 ) V128(V0 ) V169(V0 ) V196(V0 ) R45 (V0 ) V111(V32 ) V136(V32 ) V160(V32 ) V165(V32 ) V168(V32 )
- V192(V32 ) V197(V32 ) V100(V64 ) V132(V64 ) V133(V64 ) V164(V64 ) V200(V64 ) R1 (V219) V90 (V58 ) V95 (V58 )
- V122(V58 ) V130(V58 ) V167(V58 ) V175(V58 ) V184(V58 ) V211(V58 ) V230(V58 ) V235(V58 )



IAXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE:AFC couleurs 51 regions

NOMBRE DE POINTS : 161
==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.162 1 LIGNE =0.067

Table with 3 columns: Point ID, X-axis coordinate, Y-axis coordinate. Contains 161 points labeled V0-V58 and R1-R34. Includes a dashed border and a final row for V58.

NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 41

- List of 41 overlapping points: R47 (V210), V192 (V111), V196 (V132), V136 (V133), V165 (V133), V232 (V133), V197 (V100), V101 (V64), V137 (V64), R32 (V228), V173 (V140), V200 (V32), R45 (V0), R27 (V233), R38 (V141), R48 (V206), R26 (R25), V118 (V81), V155 (V82), R22 (R20), R31 (R21), V113 (V110), R42 (V73), V109 (V41), R13 (V41), R28 (V41), V72 (V40), R46 (V40), V119 (V42), V153 (V42), V185 (V42), V90 (V58), V95 (V58), V122 (V58), V130 (V58), V167 (V58), V175 (V58), V184 (V58), V211 (V58), V230 (V58), V235 (V58)

LAXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 4)--TITRE:AFC couleurs 51 regions

NOMBRE DE POINTS : 161
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.162 1 LIGNE =0.067

Table with 3 columns: Point Label (e.g., V232, V229, V100, V64, V233, V81, R4, V190, V159, V111, V68, V32, V114, V0, V228V37, V174, V206, V154, V222, V104, V42, V155, V82, V40, R34, V146, V73, V142V41, V78, V191, V223V187, V58, V140, V77, V215V183, V186, V219, R42, R5, V96, R30, R25, R22, R33, V113, R41, R28, V237V109R8, V141, V242R7, V8, R18, V108, R51, R38, V47, R24, V45, R48, V254V182, R14, R11, R15, R16, R37, V149, R9, V145, R6, R39, R49, V241, V178, V250, V177, V209, V181R36, R43, R17, V210, V214, V245, R47, V246, V213). The right side shows a binary grid of 0s and 1s.

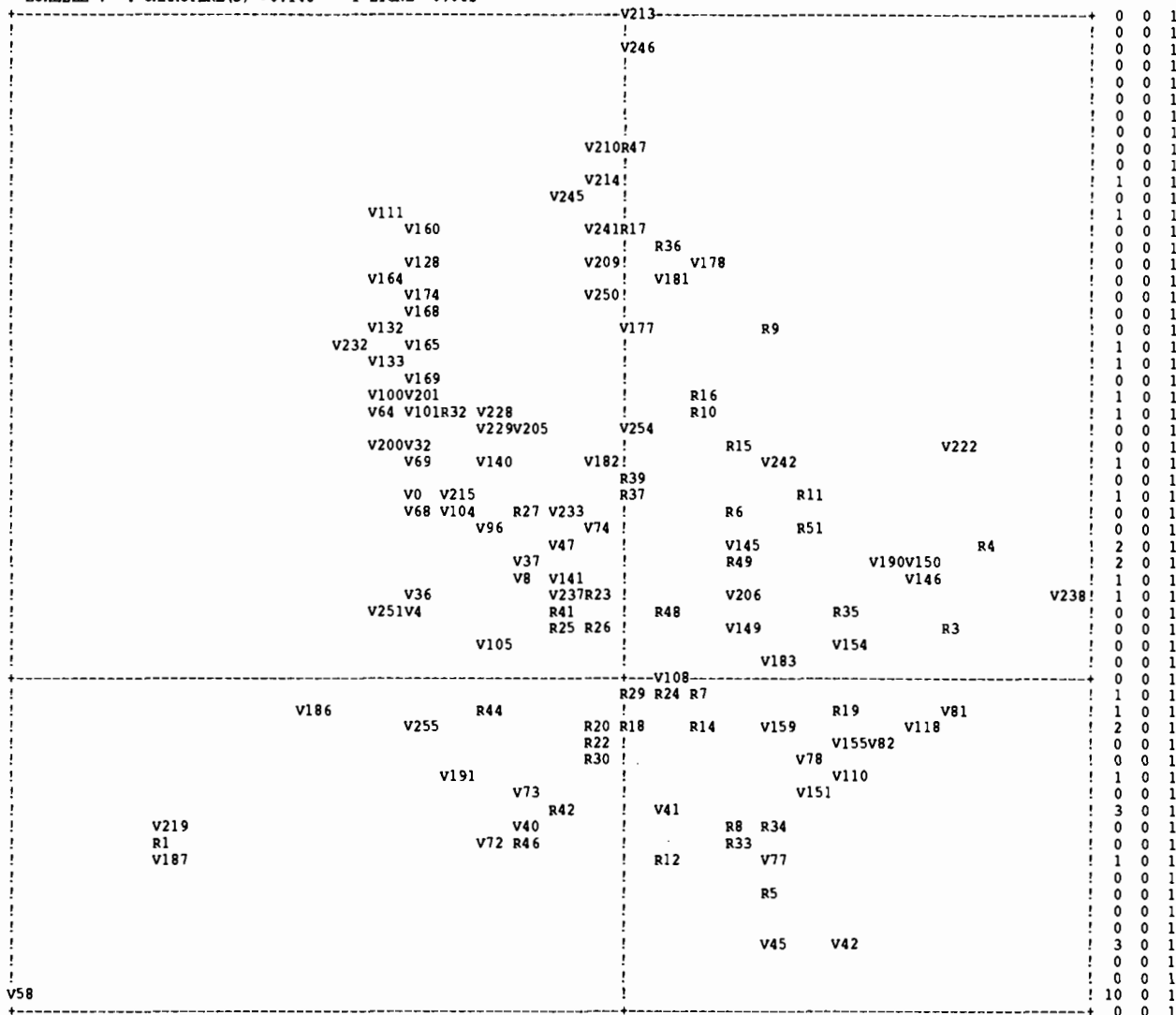
NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 57

- List of 57 overlapping points in pairs: V132(V100) V133(V100) V197(V100) V200(V100) V136(V64) V164(V64) V165(V111) V192(V111) V69(V68) V160(V68) V168(V68) V196(V68) V101(V32) V118(V114) V128(V32) R45(V32) V4(V0) V36(V0) V74(V37) V137(V0) V169(V0) R32(V104) V110(V42) V119(V42) V153(V42) V185(V42) V72(V40) V90(V58) V95(V58) V122(V58) V130(V58) V167(V58) V175(V58) V184(V58) V211(V58) V230(V58) V235(V58) R44(V40) V105(V73) V151(V78) R1(V219) R46(V140) R35(R19) V173(V96) V217(V109) R20(V237) R21(R8) R23(V109) R29(V109) R31(R8) R12(V141) R27(V141) R26(R18) R13(V47) R40(R24) V205(V45) R10(V241)

IAXE HORIZONTAL( 2)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE:AFC couleurs 51 regions

NOMBRE DE POINTS : 161

--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.148 1 LIGNE =0.062



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 36

- R43 (V214) V192 (V111) V196 (V165) V136 (V133) V197 (V100) V137 (V101) V173 (V140) R45 (V0 ) V142 (V47 ) V217 (V47 )
- R2 (V37 ) R50 (V37 ) R38 (V141) V218 (V36 ) R40 (R24 ) V114 (V81 ) R21 (R14 ) R31 (R14 ) V113 (V110) V109 (V41 )
- R13 (V41 ) R28 (V41 ) V223 (V187) V119 (V42 ) V153 (V42 ) V185 (V42 ) V90 (V58 ) V95 (V58 ) V122 (V58 ) V130 (V58 )
- V167 (V58 ) V175 (V58 ) V184 (V58 ) V211 (V58 ) V230 (V58 ) V235 (V58 )







A D D A D - 89 -

ANALYSE DES CORRESPONDANCES (ANCORR)  
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET

Annexe 3

INS. 1 - TITRE :  
AFC valeurs d'entropie - 51 regions (composition coloree 1986)

INS. 2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI,NJ,NF,NI2,NJ2,LECIJ,STFI,STFJ  
29 51 5 0 0 3 1 1

INS. 3 - OPTIONS : IOUT,IMPVP,IMPFI,IMPFJ,NGR  
0 0 3 3 7

INS. 5 - GRAPHE (NGR DEMANDES DE GRAPHIQUES) : X,Y,GI,GJ,NCHAR,OPT,NPAGE,CADRE  
1 2114310 1 3114310 1 4114310 1 5114310 2 3114310 2 4114310 2 5114310

INS. 6 - LISTE (LECTURE DU TABLEAU DES DONNEES - A,F) :  
R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20  
R21 R22 R23 R24 R25 R26 R27 R28 R29 R30 R31 R32 R33 R34 R35 R36 R37 R38 R39 R40  
R41 R42 R43 R44 R45 R46 R47 R48 R49 R50 R51

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 19 columns (R1-R19) and 2 rows (NOMJ, PJ) showing weights for regions R1 to R19.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 19 columns (R20-R38) and 2 rows (NOMJ, PJ) showing weights for regions R20 to R38.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 13 columns (R39-R51) and 2 rows (NOMJ, PJ) showing weights for regions R39 to R51.

1 LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.00000

! NUM ! VAL PROPRE ! POURC. ! CUMUL ! VARIAT. ! HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES

Table with 4 columns (NUM, VAL PROPRE, POURC., CUMUL) showing eigenvalues and cumulative percentages for 51 regions.

! I1 ! QLT POID INR ! 1#F COR CTR ! 2#F COR CTR ! 3#F COR CTR ! 4#F COR CTR ! 5#F COR CTR !

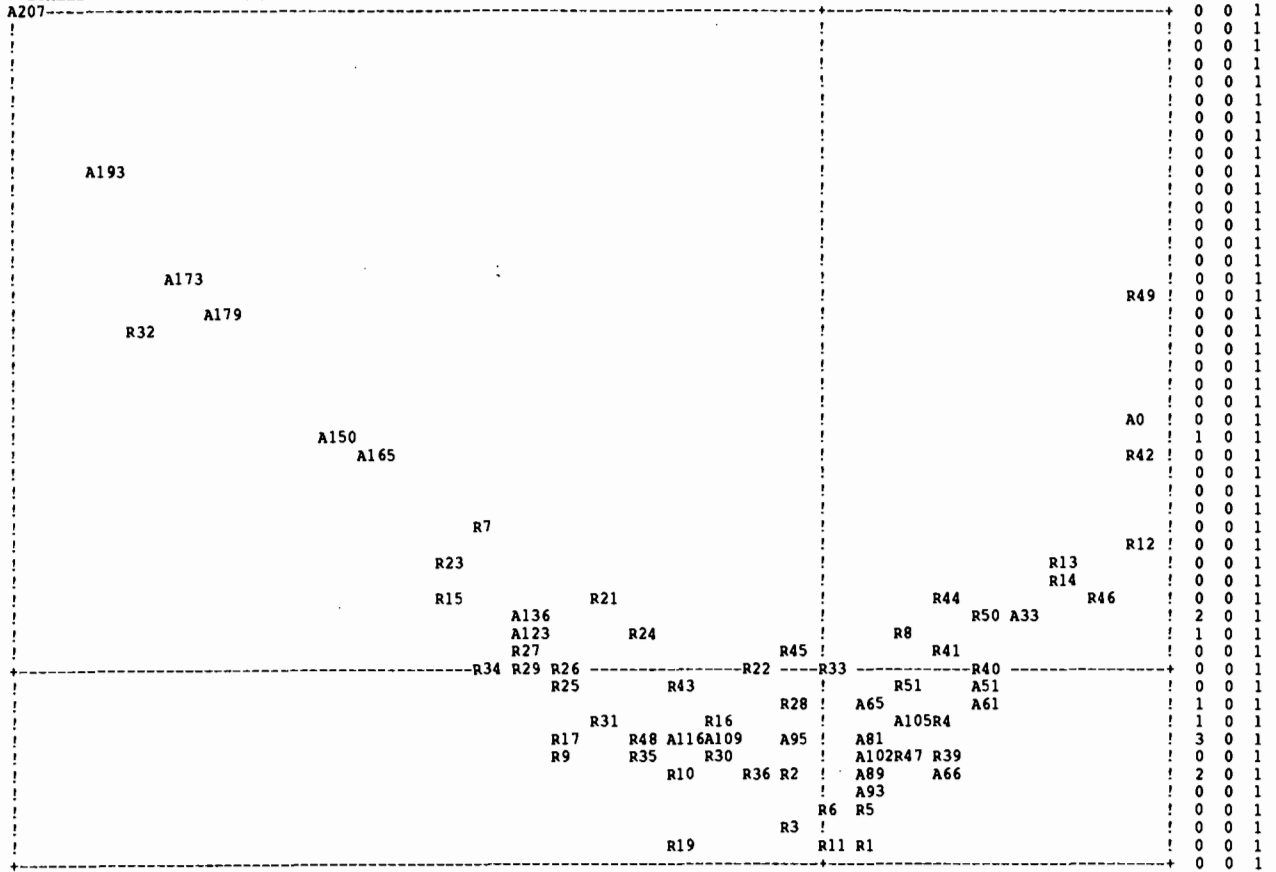
Table with 13 columns (I1, QLT POID INR, 1#F COR CTR, 2#F COR CTR, 3#F COR CTR, 4#F COR CTR, 5#F COR CTR) showing correlation coefficients for 51 regions.





L'AXE HORIZONTAL ( 1)--AXE VERTICAL ( 2)--TITRE:AFC valeurs d'entropie - 51 regions (composition coloree 1986)

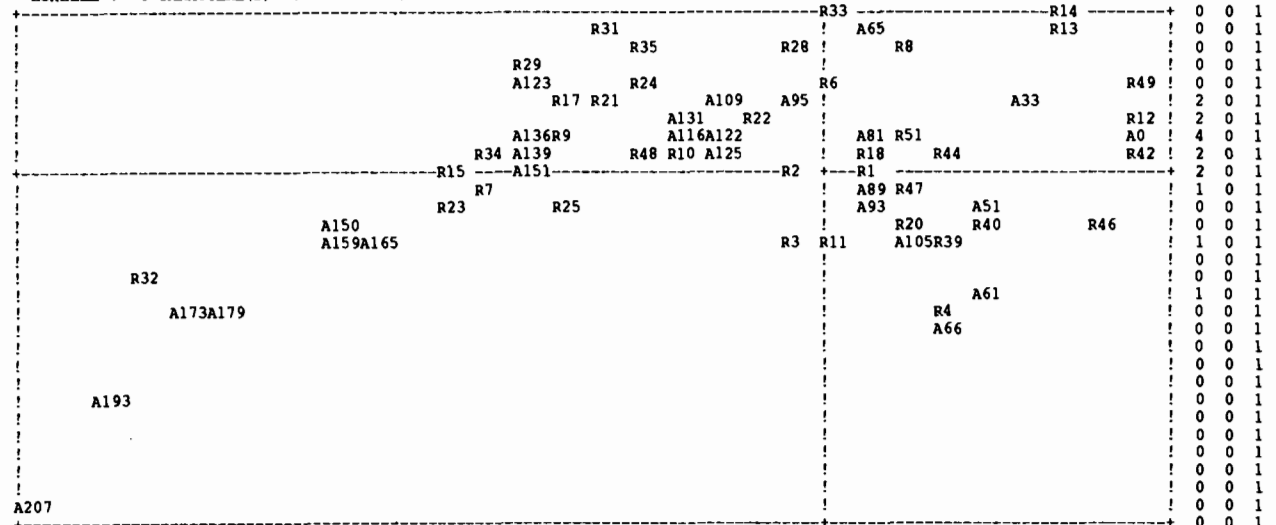
NOMBRE DE POINTS : 80  
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.078 1 LIGNE =0.032  
A207



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 11  
A159(A150) A139(A136) A145(A136) A151(A123) R18 (A65 ) R20 (A105) A122(A109) A125(A109) A131(A116) R37 (A89 )  
R38 (A89 )

L'AXE HORIZONTAL ( 1)--AXE VERTICAL ( 3)--TITRE:AFC valeurs d'entropie - 51 regions (composition coloree 1986)

NOMBRE DE POINTS : 80  
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.078 1 LIGNE =0.032



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 15  
R16 (A109) R30 (A109) R19 (A131) R36 (R22 ) R5 (A81 ) R26 (R9 ) R27 (A136) R37 (A81 ) A145(A139) R43 (R10 )  
R38 (R1 ) R45 (R2 ) A102(A89 ) R41 (R39 ) R50 (A61 )



A D D A D - 89 -

CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE (CAHVOR)  
METHODE DES VOISINS RECIPROQUES  
AUTEUR : J. JUAN

Annexe 4

INS. 1 - TITRE :  
CAH DE C51 SUR FACTEURS AFC PAR CAHC51

INS. 2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI,NJ,NFSTOC,IOPT,LECIJ,STCAH  
51 5 5 1 1 1

INS. 3 - OPTIONS : HISTO,DESCRI,ARBRE  
1 1 1

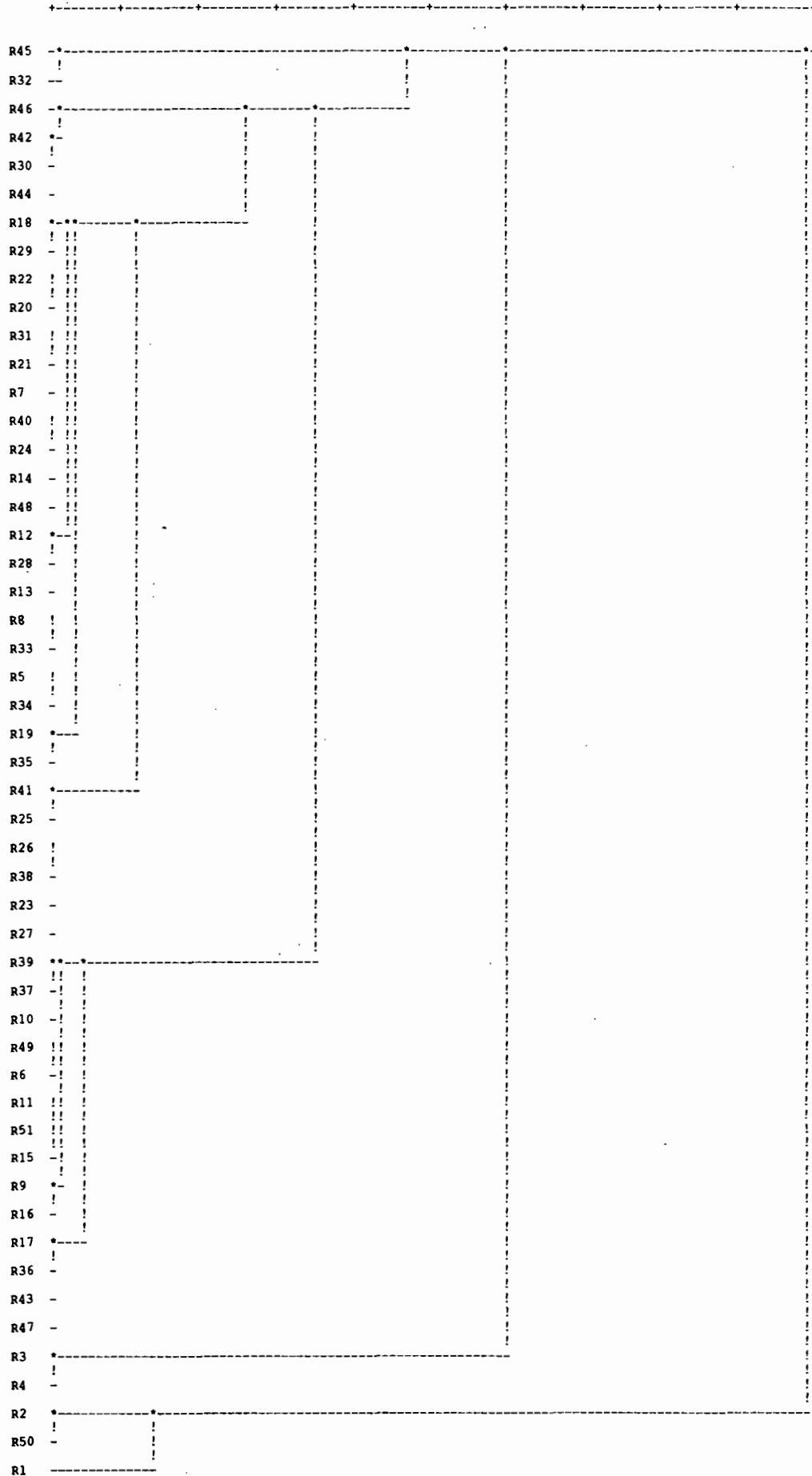
SOMME DES INDICES DE NIVEAU 0.20786E+01

J	I(J)	A(J)	B(J)	T(J)	T(Q)	HISTOGRAMME DES INDICES DE NIVEAU															
101	634	100	96	305	305	.....															
100	383	99	85	184	489	.....															
99	302	90	98	145	634	.....															
98	224	97	94	108	742	.....															
97	166	89	95	80	822	.....															
96	91	53	1	44	866	.....															
95	82	93	81	40	905	.....															
94	36	91	80	17	922	.....															
93	27	92	74	13	936	.....															
92	21	86	87	10	946	.....															
91	18	88	75	9	954	.....															
90	18	45	32	8	963	.....															
89	18	46	84	8	971	.....															
88	9	76	79	4	976	.....															
87	7	83	77	3	979	.....															
86	6	70	73	3	982	.....															
85	4	3	4	2	984	.....															
84	4	82	44	2	986	.....															
83	3	65	68	2	988	.....															
82	3	42	30	1	989	.....															
81	2	58	71	1	990	.....															
80	2	69	47	1	992	.....															
79	2	11	78	1	993	.....															
78	1	51	15	1	993	.....															
77	1	5	34	1	994	.....															
76	1	66	62	1	995	.....															
75	1	9	16	1	995	.....															
74	1	19	35	1	996	.....															
73	1	72	67	1	996	.....															
72	1	55	7	0	997	.....															
71	1	64	27	0	997	.....															
70	1	60	56	0	997	.....															
69	1	57	43	0	998	.....															
68	1	8	33	0	998	.....															
67	1	63	48	0	998	.....															
66	0	54	10	0	999	.....															
65	0	59	13	0	999	.....															
64	0	61	23	0	999	.....															
63	0	52	14	0	999	.....															
62	0	49	6	0	999	.....															
61	0	26	38	0	999	.....															
60	0	18	29	0	1000	.....															
59	0	12	28	0	1000	.....															
58	0	41	25	0	1000	.....															
57	0	17	36	0	1000	.....															
56	0	22	20	0	1000	.....															
55	0	31	21	0	1000	.....															
54	0	39	37	0	1000	.....															
53	0	2	50	0	1000	.....															
52	0	40	24	0	1000	.....															

J	I(J)	A(J)	B(J)	P(J)	DESCRIPTION DES CLASSES DE LA HIERARCHIE																	
101	634	100	96	51																		
100	383	99	85	48	R45	R32	R46	R42	R30	R44	R18	R29	R22	R20	R31	R21	R7	R40	R24	R14	R48	R12
					R28	R13	R8	R33	R5	R34	R19	R35	R41	R25	R26	R38	R23	R40	R24	R14	R48	R12
					R6	R11	R51	R15	R9	R16	R17	R36	R43	R47	R3	R4						
99	302	90	98	46	R45	R32	R46	R42	R30	R44	R18	R29	R22	R20	R31	R21	R7	R40	R24	R14	R48	R12
					R28	R13	R8	R33	R5	R34	R19	R35	R41	R25	R26	R38	R23	R40	R24	R14	R48	R12
					R6	R11	R51	R15	R9	R16	R17	R36	R43	R47								
98	224	97	94	44	R46	R42	R30	R44	R18	R29	R22	R20	R31	R21	R7	R40	R24	R14	R48	R12	R28	R13
					R8	R33	R5	R34	R19	R35	R41	R25	R26	R38	R23	R27	R39	R37	R10	R49	R6	R11
					R51	R15	R9	R16	R17	R36	R43	R47										
97	166	89	95	30	R46	R42	R30	R44	R18	R29	R22	R20	R31	R21	R7	R40	R24	R14	R48	R12	R28	R13
					R8	R33	R5	R34	R19	R35	R41	R25	R26	R38	R23	R27						
96	91	53	1	3	R2	R50	R1															
95	82	93	81	26	R18	R29	R22	R20	R31	R21	R7	R40	R24	R14	R48	R12	R28	R13	R8	R33	R5	R34
					R19	R35	R41	R25	R26	R38	R23	R27										
94	36	91	80	14	R39	R37	R10	R49	R6	R11	R51	R15	R9	R16	R17	R36	R43	R47				
93	27	92	74	20	R18	R29	R22	R20	R31	R21	R7	R40	R24	R14	R48	R12	R28	R13	R8	R33	R5	R34
					R19	R35																
92	21	86	87	18	R18	R29	R22	R20	R31	R21	R7	R40	R24	R14	R48	R12	R28	R13	R8	R33	R5	R34
91	18	88	75	10	R39	R37	R10	R49	R6	R11	R51	R15	R9	R16								



REPRESENTATION DE LA CLASSIFICATION HIERARCHIQUE



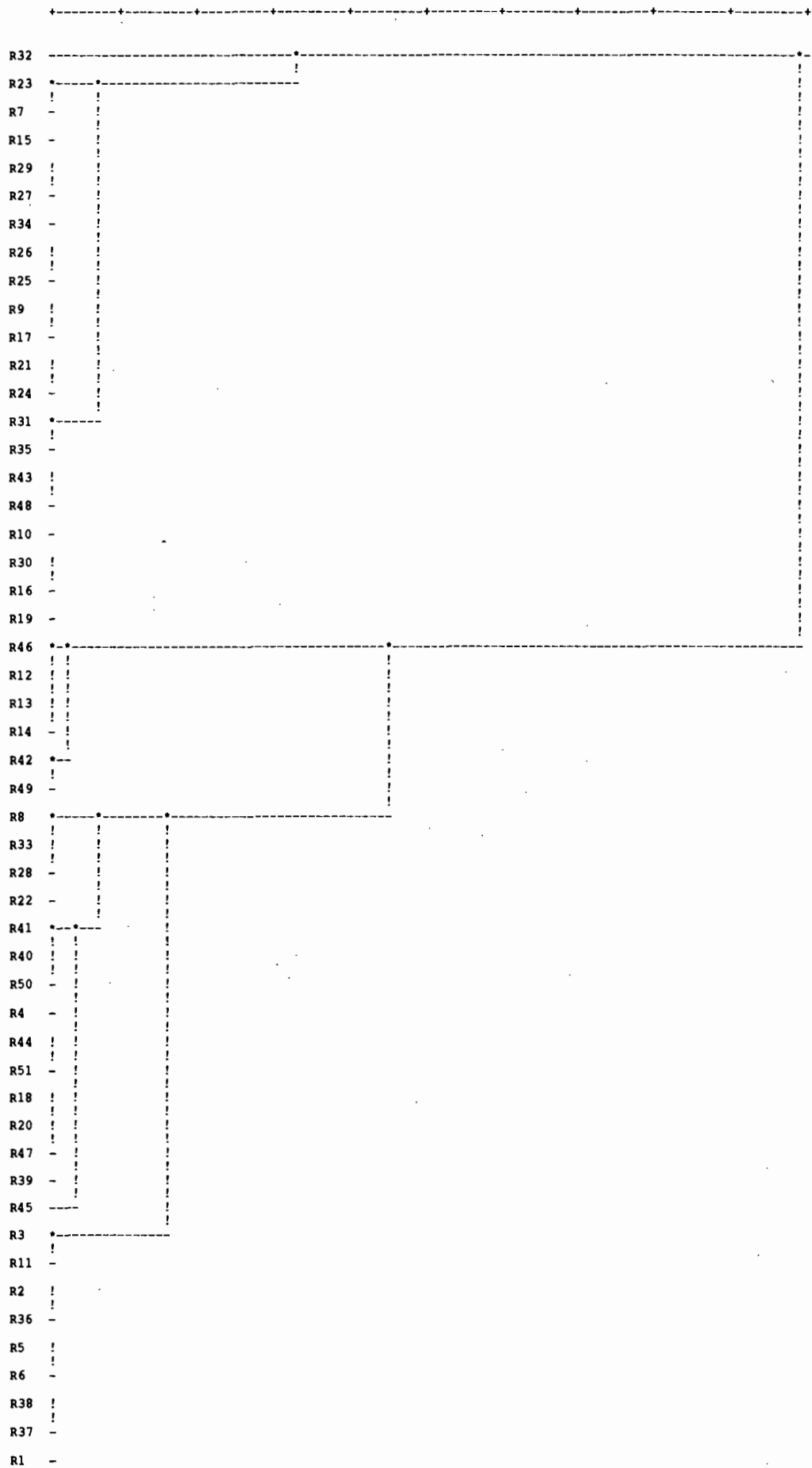








REPRESENTATION DE LA CLASSIFICATION HIERARCHIQUE





A D D A D - 89 -

ANALYSE DES CORRESPONDANCES (ANCORR)  
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET

Annexe 6

INS. 1 - TITRE :  
          COULEUR + ENTROPIE (V=couleur , S=entropie)

INS. 2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI,NJ,NF,NI2,NJ2,LECIJ,STFI,STFJ  
          139 51 7 0 0 3 1 1

INS. 3 - OPTIONS : IOUT,IMPVP,IMPFI,IMPFJ,NGR  
          0 0 3 3 5

INS. 5 - GRAPHE (NGR DEMANDES DE GRAPHIQUES) : X,Y,GI,GJ,NCHAR,OPT,NPAGE,CADRE  
          1 2114310 1 3114310 2 3114310 1 2014310 2 3014310

INS. 6 - LISTE (LECTURE DU TABLEAU DES DONNEES - A,F) :  
          R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20  
          R21 R22 R23 R24 R25 R26 R27 R28 R29 R30 R31 R32 R33 R34 R35 R36 R37 R38 R39 R40  
          R41 R42 R43 R44 R45 R46 R47 R48 R49 R50 R51

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

NOMJ(J)!	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	
PJ(J) !	51	42	155	25	23	5	20	130	16	4	28	36	13	4	14	15	5	48	33	1630

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

NOMJ(J)!	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	
PJ(J) !	9	13	16	21	3	7	16	8	7	9	35	18	45	40	24	25	7	2	12	1630

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

NOMJ(J)!	R39	R40	R41	R42	R43	R44	R45	R46	R47	R48	R49	R50	R51	
PJ(J) !	8	18	134	67	4	44	167	158	5	8	7	5	22	1630

1 LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.00000

NUM !	VAL PROPRE !	POURC. !	CUMUL !	VARIAT. !	HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES
2 !	0.37665 !	25.357 !	25.357 !	***** !	..... !
3 !	0.28240 !	19.012 !	44.369 !	6.346 !	..... !
4 !	0.19318 !	13.006 !	57.374 !	6.006 !	..... !
5 !	0.15030 !	10.119 !	67.493 !	2.887 !	..... !
6 !	0.10906 !	7.342 !	74.835 !	2.777 !	..... !
7 !	0.06296 !	4.239 !	79.074 !	3.103 !	..... !
8 !	0.06052 !	4.074 !	83.148 !	0.165 !	..... !
9 !	0.04857 !	3.270 !	86.418 !	0.804 !	..... !
10 !	0.04295 !	2.891 !	89.309 !	0.379 !	..... !
11 !	0.03400 !	2.289 !	91.598 !	0.602 !	..... !
12 !	0.02107 !	1.419 !	93.016 !	0.871 !	..... !
13 !	0.01971 !	1.327 !	94.344 !	0.091 !	..... !
14 !	0.01742 !	1.173 !	95.516 !	0.155 !	..... !
15 !	0.01250 !	0.841 !	96.357 !	0.331 !	..... !
16 !	0.01076 !	0.724 !	97.082 !	0.117 !	..... !
17 !	0.00736 !	0.496 !	97.577 !	0.229 !	..... !
18 !	0.00655 !	0.441 !	98.018 !	0.054 !	..... !
19 !	0.00596 !	0.401 !	98.419 !	0.040 !	..... !
20 !	0.00377 !	0.254 !	98.673 !	0.147 !	..... !
21 !	0.00323 !	0.218 !	98.891 !	0.036 !	..... !
22 !	0.00259 !	0.175 !	99.065 !	0.043 !	..... !
23 !	0.00212 !	0.143 !	99.208 !	0.032 !	..... !
24 !	0.00189 !	0.127 !	99.335 !	0.015 !	..... !
25 !	0.00176 !	0.118 !	99.454 !	0.009 !	..... !
26 !	0.00120 !	0.081 !	99.534 !	0.037 !	..... !
27 !	0.00098 !	0.066 !	99.600 !	0.015 !	..... !
28 !	0.00087 !	0.059 !	99.659 !	0.007 !	..... !
29 !	0.00078 !	0.052 !	99.711 !	0.006 !	..... !
30 !	0.00067 !	0.045 !	99.756 !	0.007 !	..... !
31 !	0.00056 !	0.038 !	99.794 !	0.008 !	..... !
32 !	0.00049 !	0.033 !	99.827 !	0.005 !	..... !
33 !	0.00044 !	0.029 !	99.856 !	0.003 !	..... !
34 !	0.00039 !	0.026 !	99.882 !	0.004 !	..... !
35 !	0.00029 !	0.019 !	99.902 !	0.007 !	..... !
36 !	0.00021 !	0.014 !	99.916 !	0.005 !	..... !
37 !	0.00018 !	0.012 !	99.928 !	0.002 !	..... !
38 !	0.00017 !	0.012 !	99.939 !	0.001 !	..... !
39 !	0.00015 !	0.010 !	99.949 !	0.002 !	..... !
40 !	0.00013 !	0.009 !	99.958 !	0.001 !	..... !
41 !	0.00011 !	0.007 !	99.965 !	0.001 !	..... !
42 !	0.00010 !	0.007 !	99.972 !	0.001 !	..... !
43 !	0.00009 !	0.006 !	99.978 !	0.001 !	..... !
44 !	0.00006 !	0.004 !	99.983 !	0.002 !	..... !
45 !	0.00005 !	0.004 !	99.986 !	0.001 !	..... !
46 !	0.00005 !	0.003 !	99.990 !	0.000 !	..... !
47 !	0.00004 !	0.003 !	99.993 !	0.000 !	..... !
48 !	0.00004 !	0.003 !	99.995 !	0.000 !	..... !
49 !	0.00003 !	0.002 !	99.997 !	0.001 !	..... !
50 !	0.00003 !	0.002 !	99.999 !	0.000 !	..... !
51 !	0.00001 !	0.001 !	100.000 !	0.001 !	..... !

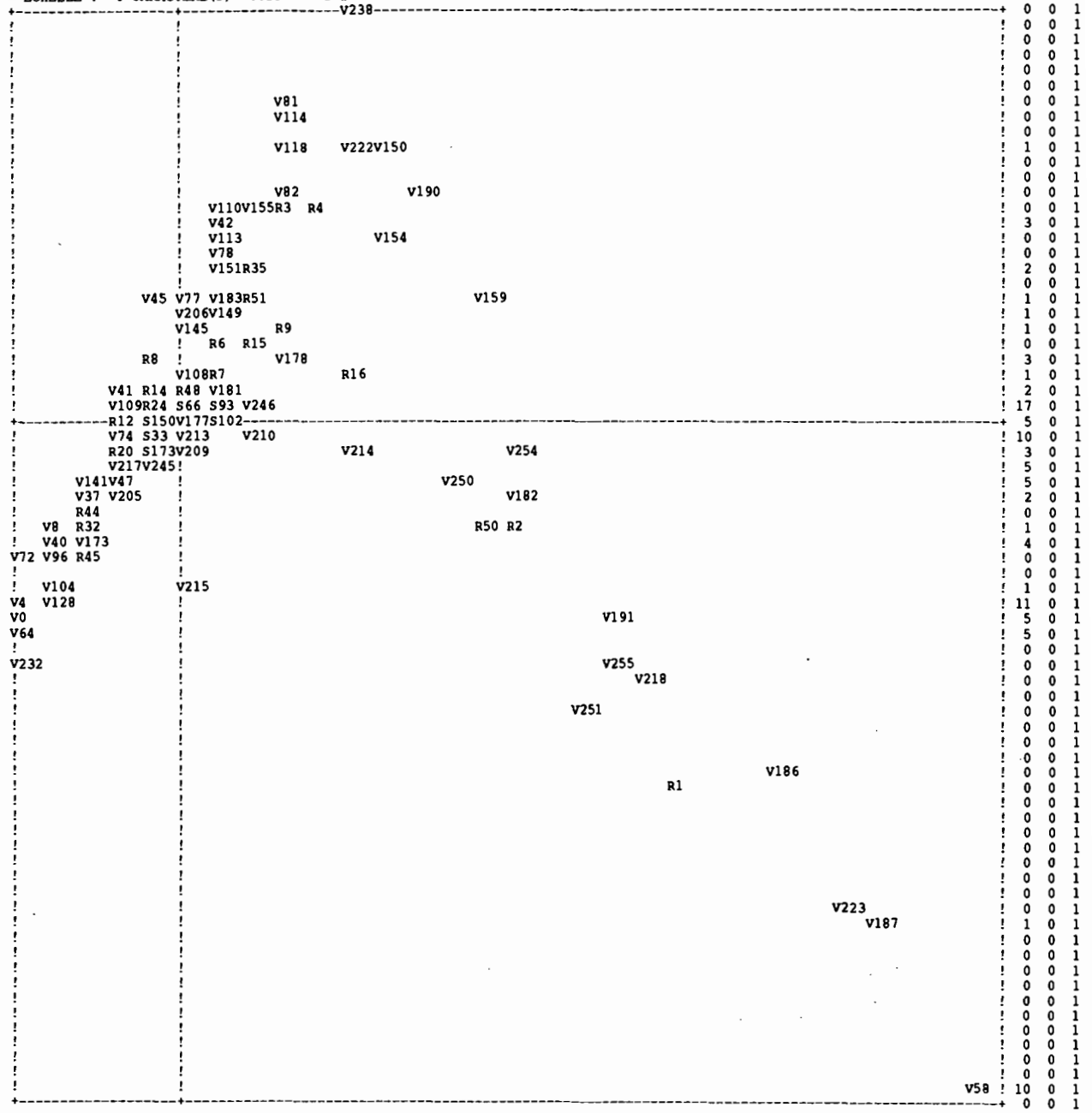
! I !	Q!T	PO!D	!N!R !	1#F	COR	CTR !	2#F	COR	CTR !	3#F	COR	CTR !	4#F	COR	CTR !	5#F	COR	CTR !	6#F	COR	CTR !	7#F	COR	CTR !
1!V0 !	677	1	2!	-728	155	1!	-813	193	2!	595	103	1!	642	120	2!	374	41	1!	224	15	1!	-412	50	2!
2!V4 !	770	0	1!	-743	195	1!	-783	216	1!	64	1	0!	706	176	1!	677	161	2!	63	1	0!	-237	20	0!
3!V8 !	109	0	0!	-555	27	0!	-469	20	0!	181	3	0!	-441	17	0!	161	2	0!	563	28	0!	-348	11	0!
4!V32 !	679	1	3!	-733	136	1!	-842	180	3!	732	136	3!	689	121	3!	363	33	1!	255	16	1!	-472	56	4!
5!V36 !	861	9	14!	-731	230	13!	-774	257	19!	195	16	2!	669	193	27!	560	135	26!	84	3	1!	-248	27	9!
6!V37 !	347	0	0!	-466	66	0!	-333	34	0!	556	94	0!	662	133	0!	-115	4	0!	82	2	0!	-216	14	0!
7!V40 !	596	1	1!	-625	129	1!	-495	81	1!	-741	181	2!	328	35	0!	704	163	3!	-90	3	0!	115	4	0!
8!V41 !	197	1	2!	-251	25	0!	172	12	0!	-365	53	1!	228	21	0!	-330	43	1!	9	0	0!	333	44	2!
9!V42 !	85	0	0!	176	0	0!	875	11	0!	-142	0	0!	462	3	0!	-1457	31	0!	197	1	0!	1613	38	0!





LAXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 2)--TITRE: COULEUR + ENTROPIE (V=couleur , S=entropie)

NOMBRE DE POINTS : 190
==EHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.157 1 LIGNE =0.065



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 100

- V146(V118) V119(V42) V153(V42) V185(V42) V242(V151) R19 (V151) R11 (V183) R34 (V206) R5 (V145) R31 (R8)
- R33 (R8) R49 (R8) R10 (V108) R21 (R14) R40 (R14) S95 (S66) S109(S66) S116(S66) S122(S66) S123(S66)
- S125(S66) S131(S93) S136(S66) S139(S66) S145(S66) S151(S66) R13 (V109) R17 (S93) R28 (V109) R29 (R24)
- R36 (V246) R47 (S93) S65 (V177) S81 (V177) S89 (V177) R37 (S150) R39 (S150) V241(V213) S51 (V213) S61 (V213)
- S105(V213) S159(S33) S165(S33) R18 (V74) R22 (V74) R26 (V74) R43 (V210) S179(S173) R23 (S173) R30 (R20)
- S193(V217) S207(V217) R25 (V217) R27 (V217) R38 (V217) V142(V141) V233(V141) V237(V141) S0 (V47) R41 (V47)
- R42 (V37) R46 (V37) V73 (V8) V105(V40) V140(V40) V228(V173) V229(V40) V174(V104) V36 (V4) V69 (V4)
- V101(V4) V111(V4) V137(V128) V160(V4) V168(V4) V169(V128) V192(V4) V196(V128) V201(V128) V32 (V0)
- V68 (V0) V136(V0) V164(V0) V165(V0) V100(V64) V132(V64) V133(V64) V197(V64) V200(V64) V219(V187)
- V90 (V58) V95 (V58) V122(V58) V130(V58) V167(V58) V175(V58) V184(V58) V211(V58) V230(V58) V235(V58)

AXE HORIZONTAL ( 1)--AXE VERTICAL ( 3)--TITRE: COULEUR + ENTROPIE (V-couleur , S-entropie)

NOMBRE DE POINTS : 190
==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.157 1 LIGNE =0.065

Table with 190 rows and 3 columns. Column 1 contains point labels (e.g., V111, V160, V128, V164, V168, V196, V132, V74, V241, V210, V133V169, V246, V215, V140V228S207, V197V137, V213, V100V201, V214, V101, S193, V178, V209, S173, V181R43, S179V177R17, V245, V242, V64 V229, V245, V242, V69 V173V205, S150V206R47 R36 R9, V254, V32 V104, V233R27, R15, V0 V37, R10, R16, V68 V96 R45, R23 V108, V222, V182, S123, V141R25, V237R26 R37, V183, V145S131, V146, V150, V36 V8, R38 R29 S109V149R35, V251, V218, R24, R51, R4, V238V154, R2, V4, R41 R21, V78, R3, V190, S89 S93 V155V81, R50, V255, R22 R49 S66 V110, V114, R44 R18, S61 V42, V82, V159, V191, V186, R40 S51, V191, V186, R28 R14, V41 S33, V113, R1, R8, V109, R5, V219, V73 R42, R46 R12, V77, V223V187, V40, V72, V45, V58.

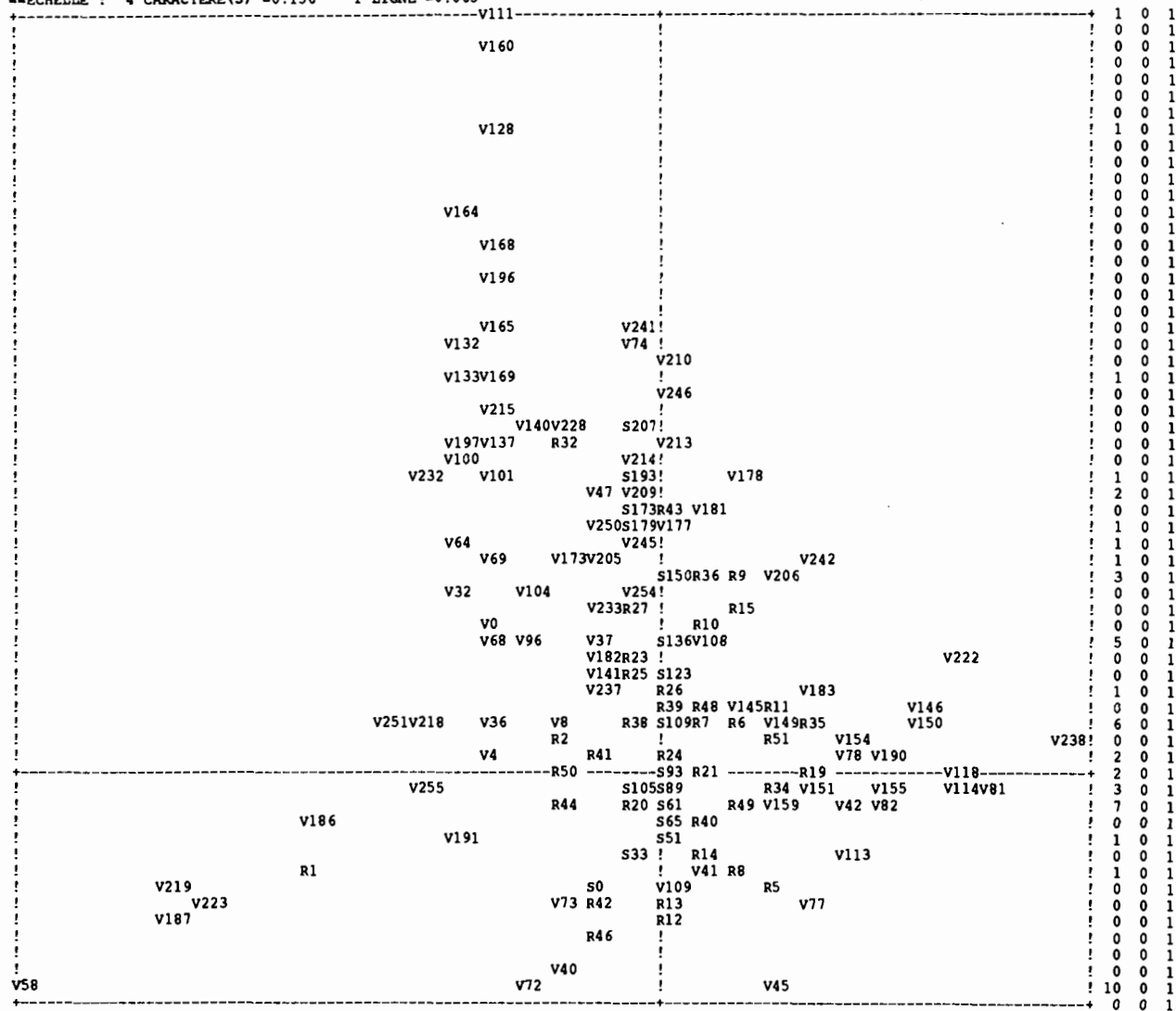
NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 51

- List of 51 overlapping points: V192 (V111), V174 (V128), V165 (V132), V136 (V133), R32 (V228), V232 (V101), V217 (V47), V200 (V64), S159 (S150), S165 (S150), S136 (V108), S139 (V108), S145 (V108), S151 (V108), R39 (R37), S116 (V145), S125 (V145), R6 (S131), R11 (S131), R48 (V145), V105 (V8), S122 (S109), R7 (V149), R31 (R21), V118 (V81), S95 (S89), S105 (S89), R19 (S93), V151 (V110), S81 (S66), S102 (V110), R30 (R22), R34 (S66), V119 (V42), V153 (V42), V185 (V42), S65 (S61), R20 (R18), R33 (R8), S0 (V109), R13 (V109), V90 (V58), V95 (V58), V122 (V58), V130 (V58), V167 (V58), V175 (V58), V184 (V58), V211 (V58), V230 (V58), V235 (V58).

1AXE HORIZONTAL( 2)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE: COULEUR + ENTROPIE (V=couleur , S=entropie)

NOMBRE DE POINTS : 190

--EHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.156 1 LIGNE =0.065



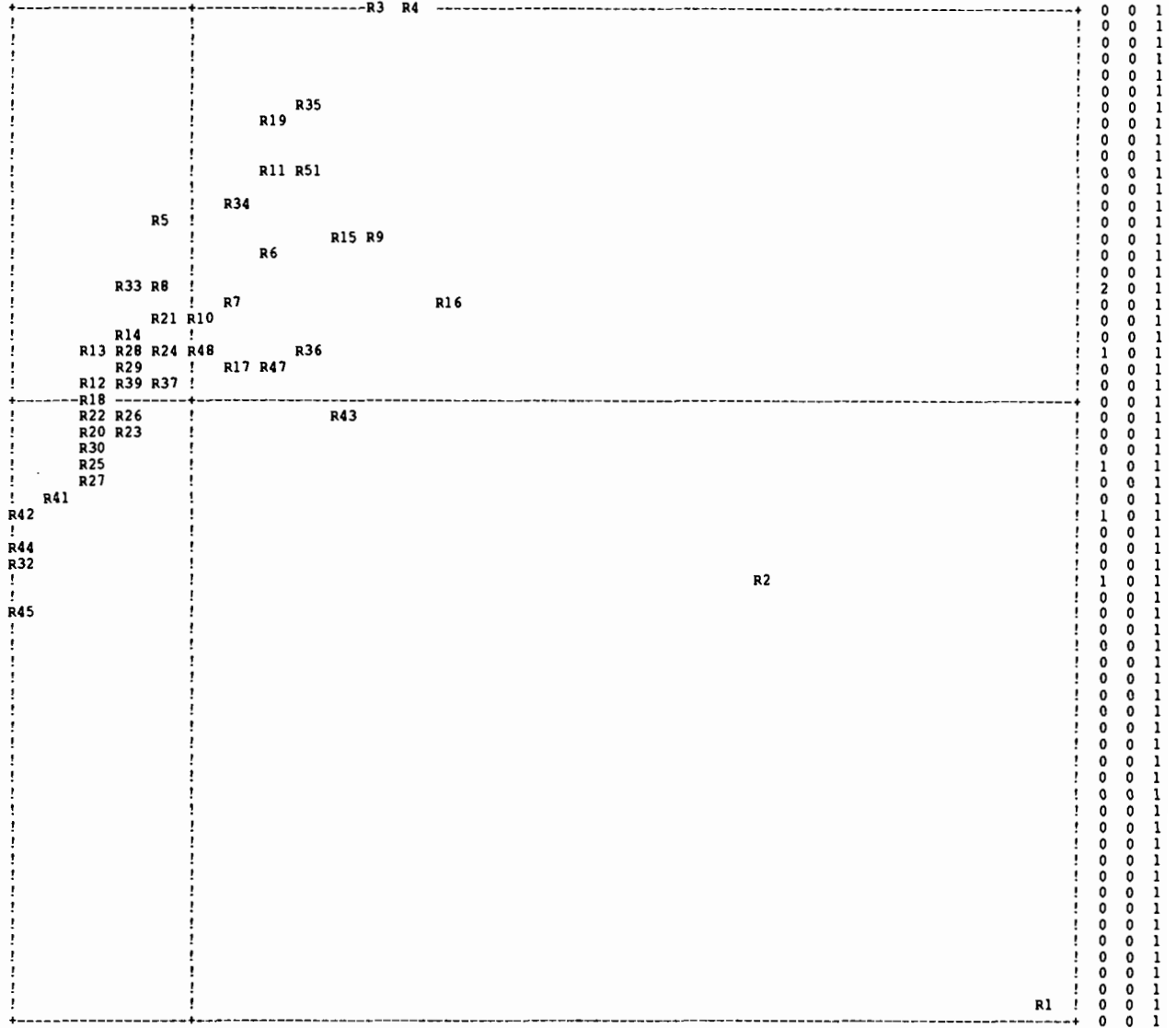
NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 50

- V192(V111) V174(V128) V136(V133) V201(V101) V142(V47) V217(V209) R17 (V177) V200(V64) V229(V173) S159(S150)
- S165(S150) R47 (S150) S139(S136) S145(S136) S151(V108) R16 (V108) R45 (V96) R37 (R26) V105(V8) S116(S109)
- S122(S109) S125(S109) S131(S109) R29 (S109) R3 (V190) R4 (V190) S95 (S93) R31 (R21) S102(S89) R22 (S89)
- R30 (S105) V110(V82) V119(V42) V153(V42) V185(V42) S66 (S61) S81 (S61) R18 (S61) R28 (S51) R33 (V41)
- V90 (V58) V95 (V58) V122(V58) V130(V58) V167(V58) V175(V58) V184(V58) V211(V58) V230(V58) V235(V58)



LAXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 2)--TITRE: COULEUR + ENTROPIE (V=couleur , S=entropie)

NOMBRE DE POINTS : 51  
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.096 1 LIGNE =0.040  
-R3 R4

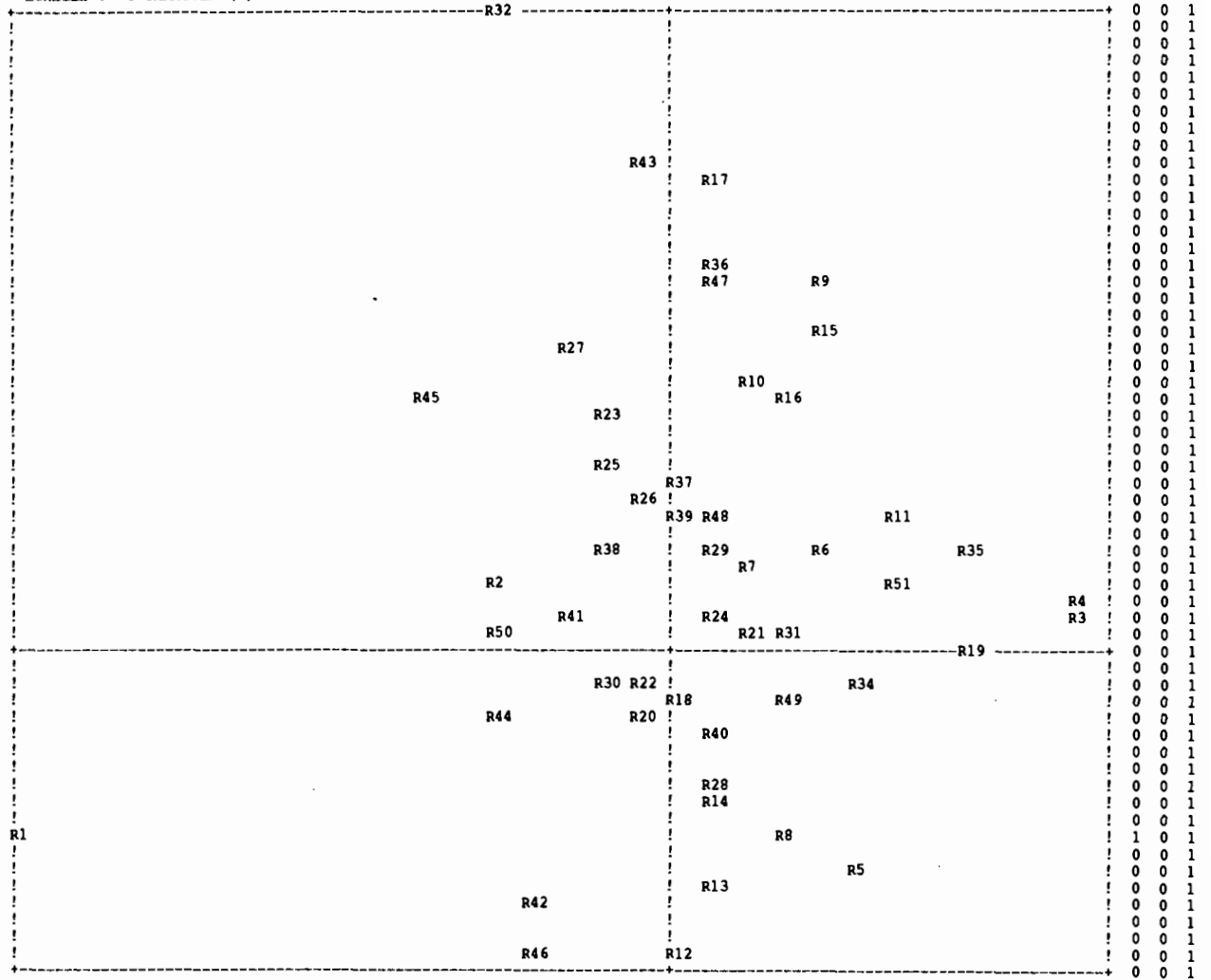


NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 6

R31 (R8 ) R49 (R8 ) R40 (R24 ) R38 (R25 ) R46 (R42 ) R50 (R2 )

LAXE HORIZONTAL( 2)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE: COULEUR + ENTROPIE (V=couleur , S=entropie)

NOMBRE DE POINTS : 51  
 ==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.083 1 LIGNE =0.035



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 1

R33 (R8 )  
 IFIN NORMALE DU PROGRAMME ANCORR  
 PLACE MEMOIRE DEMANDEE : 100000  
 PLACE MEMOIRE UTILISEE : 2907

Annexe 7

A D D A D - 89 -

ANALYSE DES CORRESPONDANCES (ANCORR)  
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET

INS. 1 - TITRE :  
ENTROPIE par couleur (composition coloree 86 - 51 REGIONS)

INS. 2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI,NJ,NF,NI2,NJ2,LECIJ,STFI,STFJ  
226 51 7 0 0 3 1 1

INS. 3 - OPTIONS : IOUT,IMPVP,IMPFI,IMPFJ,NGR  
0 0 3 3 8

INS. 5 - GRAPHE (NGR DEMANDES DE GRAPHIQUES) : X,Y,GI,GJ,NCHAR,OPT,NPAGE,CADRE  
1 2114310 1 3114310 1 4114310 2 3114310 1 2014310 1 3014310 1 4014310 2 3014310

INS. 6 - LISTE (LECTURE DU TABLEAU DES DONNEES - A,F) :  
R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20  
R21 R22 R23 R24 R25 R26 R27 R28 R29 R30 R31 R32 R33 R34 R35 R36 R37 R38 R39 R40  
R41 R42 R43 R44 R45 R46 R47 R48 R49 R50 R51

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

NOMJ(J)!	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	
PJ(J) !	25	21	77	13	11	3	10	65	8	2	14	18	6	2	7	7	2	24	16	797

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

NOMJ(J)!	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	
PJ(J) !	4	7	8	11	1	4	8	4	4	4	17	9	22	20	12	13	3	1	6	797

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

NOMJ(J)!	R39	R40	R41	R42	R43	R44	R45	R46	R47	R48	R49	R50	R51	
PJ(J) !	4	9	65	33	2	21	76	75	3	4	3	2	11	797

1 LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.00000

NUM !	VAL PROPRE !	POURC. !	CUMUL !	VARIAT. !	HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES
2 !	0.74078 !	23.851 !	23.851 !	***** !	..... !
3 !	0.56293 !	18.125 !	41.976 !	***** !	..... !
4 !	0.32676 !	10.521 !	52.497 !	7.604 !	..... !
5 !	0.30517 !	9.826 !	62.323 !	0.695 !	..... !
6 !	0.19138 !	6.162 !	68.485 !	3.663 !	..... !
7 !	0.18285 !	5.887 !	74.372 !	0.275 !	..... !
8 !	0.12831 !	4.131 !	78.503 !	1.756 !	..... !
9 !	0.10357 !	3.335 !	81.838 !	0.797 !	..... !
10 !	0.09679 !	3.116 !	84.954 !	0.218 !	..... !
11 !	0.07063 !	2.274 !	87.229 !	0.842 !	..... !
12 !	0.06869 !	2.212 !	89.440 !	0.063 !	..... !
13 !	0.05428 !	1.748 !	91.188 !	0.464 !	..... !
14 !	0.04401 !	1.417 !	92.605 !	0.331 !	..... !
15 !	0.03655 !	1.177 !	93.782 !	0.240 !	..... !
16 !	0.03088 !	0.994 !	94.776 !	0.183 !	..... !
17 !	0.02638 !	0.849 !	95.625 !	0.145 !	..... !
18 !	0.02224 !	0.716 !	96.342 !	0.133 !	..... !
19 !	0.01834 !	0.591 !	96.932 !	0.126 !	..... !
20 !	0.01695 !	0.546 !	97.478 !	0.045 !	..... !
21 !	0.01387 !	0.447 !	97.925 !	0.099 !	..... !
22 !	0.01165 !	0.375 !	98.300 !	0.072 !	..... !
23 !	0.01018 !	0.328 !	98.627 !	0.047 !	..... !
24 !	0.00663 !	0.214 !	98.841 !	0.114 !	..... !
25 !	0.00597 !	0.192 !	99.033 !	0.021 !	..... !
26 !	0.00507 !	0.163 !	99.196 !	0.029 !	..... !
27 !	0.00438 !	0.141 !	99.338 !	0.022 !	..... !
28 !	0.00315 !	0.101 !	99.439 !	0.040 !	..... !
29 !	0.00250 !	0.081 !	99.520 !	0.021 !	..... !
30 !	0.00246 !	0.079 !	99.599 !	0.002 !	..... !
31 !	0.00194 !	0.062 !	99.661 !	0.017 !	..... !
32 !	0.00155 !	0.050 !	99.711 !	0.012 !	..... !
33 !	0.00133 !	0.043 !	99.754 !	0.007 !	..... !
34 !	0.00103 !	0.033 !	99.787 !	0.010 !	..... !
35 !	0.00094 !	0.030 !	99.817 !	0.003 !	..... !
36 !	0.00084 !	0.027 !	99.844 !	0.003 !	..... !
37 !	0.00071 !	0.023 !	99.867 !	0.004 !	..... !
38 !	0.00068 !	0.022 !	99.889 !	0.001 !	..... !
39 !	0.00047 !	0.015 !	99.904 !	0.007 !	..... !
40 !	0.00046 !	0.015 !	99.919 !	0.000 !	..... !
41 !	0.00044 !	0.014 !	99.933 !	0.000 !	..... !
42 !	0.00042 !	0.013 !	99.947 !	0.001 !	..... !
43 !	0.00033 !	0.011 !	99.957 !	0.003 !	..... !
44 !	0.00026 !	0.008 !	99.965 !	0.002 !	..... !
45 !	0.00023 !	0.007 !	99.973 !	0.001 !	..... !
46 !	0.00021 !	0.007 !	99.980 !	0.001 !	..... !
47 !	0.00019 !	0.006 !	99.986 !	0.001 !	..... !
48 !	0.00016 !	0.005 !	99.991 !	0.001 !	..... !
49 !	0.00012 !	0.004 !	99.995 !	0.001 !	..... !
50 !	0.00010 !	0.003 !	99.998 !	0.001 !	..... !
51 !	0.00007 !	0.002 !	100.000 !	0.001 !	..... !

! I!	! QLT	POID	INR!	! #F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!	4#F	COR	CTR!	5#F	COR	CTR!	6#F	COR	CTR!	7#F	COR	CTR!
1!B0 !	641	0	0!	-699	125	0!	-907	210	0!	939	225	1!	526	71	0!	-170	7	0!	-50	1	0!	-94	2	0!
2!C0 !	654	0	0!	-699	131	0!	-898	216	0!	898	216	0!	552	82	0!	-153	6	0!	-76	2	0!	-81	2	0!
3!D0 !	683	0	0!	-718	125	0!	-945	217	0!	967	227	1!	650	103	0!	-152	6	0!	-127	4	0!	-65	1	0!
4!E0 !	681	1	1!	-705	131	0!	-913	220	1!	922	224	1!	604	96	1!	-152	6	0!	-106	3	0!	-75	1	0!
5!F0 !	635	0	0!	-691	143	0!	-869	226	1!	777	180	1!	509	78	0!	-90	2	0!	-111	4	0!	-92	3	0!
6!B32 !	620	0	1!	-709	102	0!	-949	183	1!	1119	254	1!	574	67	0!	-263	14	0!	1	0	0!	-84	1	0!
7!C32 !	669	0	0!	-711	117	0!	-944	205	0!	1045	252	1!	598	83	0!	-213	10	0!	-52	1	0!	-77	1	0!
8!D32 !	664	0	1!	-697	133	0!	-897	221	1!	908	226	1!	523	75	0!	-159	7	0!	-52	1	0!	-89	2	0!
9!E32 !	698	1	1!	-727	113	0!	-980	206	1!	1104	262	2!	697	104	1!	-216	10	0!	-91	2	0!	-57	1	0!



IAXE HORIZONTAL ( 1)--AXE VERTICAL ( 2)--TITRE:ENTROPIE par couleur (composition coloree 86 - 51 REGIONS)

NOMBRE DE POINTS : 277
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.156 1 LIGNE =0.065

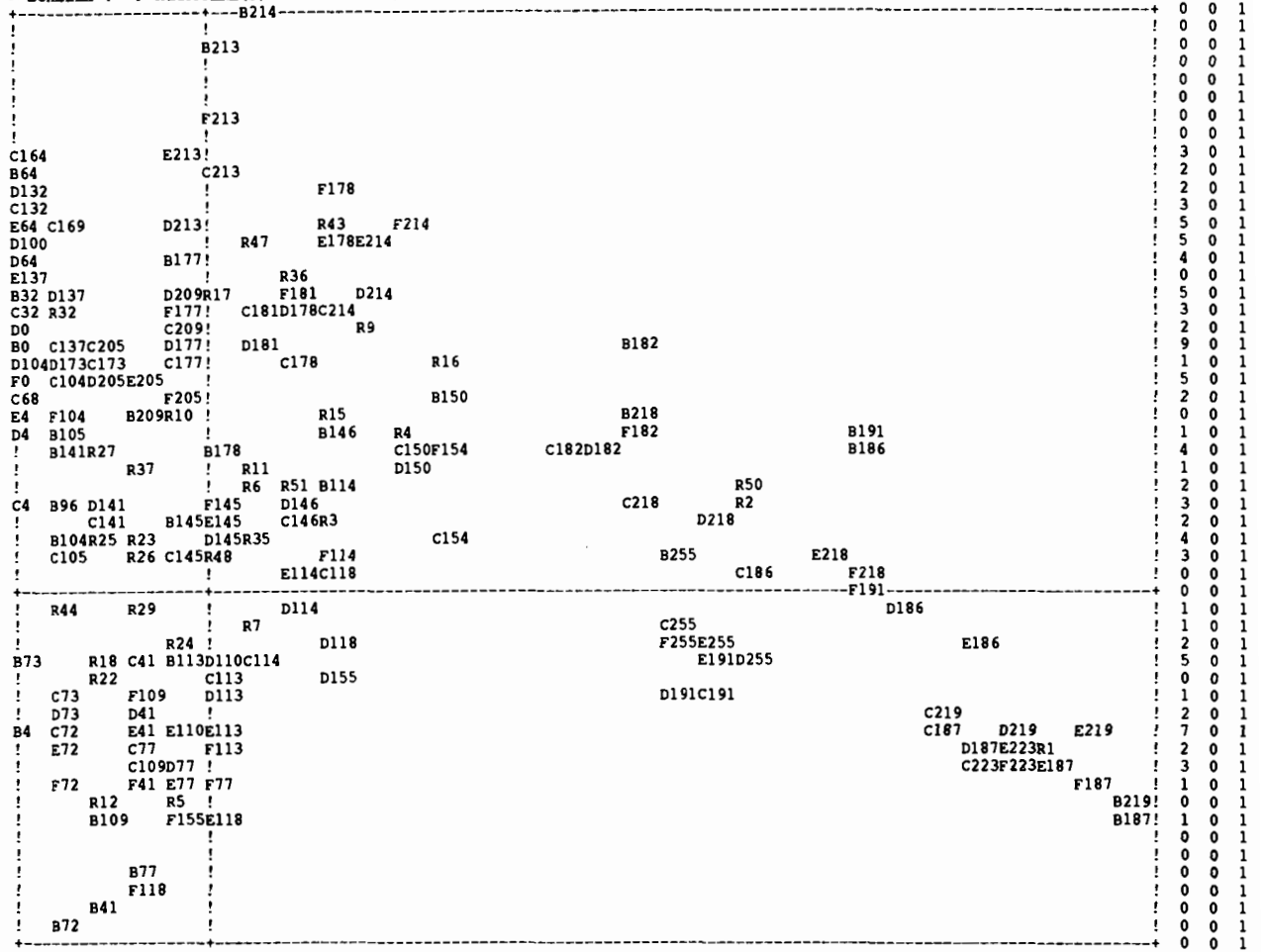
Table with 10 columns and 277 rows of alphanumeric labels (e.g., B114, F114, E114, R3, F154, D114, E146, E150, B146, C150, D146, C114, D154, R19, C155, D155, C146, C154, C113, F77, R11, R51, E77, R34, R5, R15, R9, F118, D77, R8, F145, R6, R33, B145, D145, E178, R16, D41, B113, R7, D178, F41, R10, E41, R40, R48, E181, C178, C109, R24, C181, R36, R12, R29, B213, B214, B109, C41, C177, C213, D214, R43, E214, C182, B182, D182, E182, F182, D73, D205, B209, R42, C205, E205, B72, C72, C173, E173, B73, C137, E104, C104, D104, D137, B0, C169, D0, D64, E64, B64, R50, B255, E191, R2, C218, E191, R2, D191, C186, B191, B186, C191, F255, D218, C255, E255, F191, E218, F218, D186, D255, E186, C187, C219, D187, D223, E223, C223, D219, E187, F219, E219, F187, B187.

NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 140

Table with 10 columns and 140 rows of alphanumeric labels in parentheses, representing superposed points (e.g., C118(F146), F150(E150), D150(C150), D118(B146), C110(C114), E154(D154), R35 (R19), D113(C113), E113(C113), F113(C113), E155(C113), D110(F77), E118(F77), E110(D77), F155(D77), R49 (D77), C145(B145), E145(D145), B178(D145), F178(E178), B77 (D41), F181(D178), R31 (B113), C77 (F41), R21 (R10), F109(E41), R13 (E41), R14 (E41), D109(C109), E109(C109), D181(C181), R28 (C109), R17 (B213), R47 (B214), D177(C177), E177(C177), F177(C177), F213(C213), R37 (C41), R39 (C41), E209(D209), F209(D209), D213(D209), E213(D209), R18 (B41), R22 (B41), B218(F182), R30 (C141), E141(D141), F141(D141), R38 (D141), E73 (D73), F73 (D73), R25 (D205), R27 (D205), R41 (D205), R46 (D73), C73 (B72), C105(B72), D105(B72), B96 (B72), B205(B72), D72 (C72), E72 (C72), F72 (C72), B104(C72), E105(C72), F105(C72), B141(C72), D173(C72), R44 (C72), F173(E173), E96 (E173), F96 (E173), B4 (B73), D96 (C137), R32 (C137), F104(C104), B105(C104), B173(C104), C4 (E104), C96 (C104), F4 (D104), C0 (B0), E0 (B0), F0 (B0), D32 (B0), F32 (B0), D36 (B0), F36 (B0), C64 (B0), F64 (B0), C68 (B0), D68 (B0), E68 (B0), F68 (B0), C100(B0), E137(B0), F137(B0), D169(B0), E169(B0), D4 (B0), E4 (B0), C136(B0), R45 (B0), B32 (D0), C32 (D0), E32 (D0), B36 (D0), C36 (D0), E36 (D0), D100(D0), C132(D0), F169(D0), C133(D0), C164(D0), B68 (D64), E100(D64), F100(D64), D132(D64), E132(D64), B169(D64), D133(D64), E133(D64), D136(D64), E136(D64), D164(D64), E164(D64), F164(D64), B100(E64), F132(E64), B137(E64), F136(E64), B132(B64), F133(B64), F186(E186), F223(D219), R1 (E187), B219(B187), B223(B187).

LAXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE:ENTROPIE par couleur (composition coloree 86 - 51 REGIONS)

NOMBRE DE POINTS : 277
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.156 1 LIGNE =0.065



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 97

- List of 97 overlapping points with their coordinates in parentheses: D164(C164), E164(C164), F164(C164), B132(B64), F133(B64), E132(D132), F132(D132), C133(C132), D136(C132), F136(C132), B100(E64), F100(E64), B169(E64), E133(E64), C136(E64), E100(D100), B137(D100), D169(D100), D133(D100), E136(D100), F137(D64), E169(D64), F169(D64), F209(B177), E32(B32), B36(B32), E36(B32), C100(B32), E209(D209), C36(C32), F64(C32), E181(C181), F32(D0), F36(D0), C0(B0), E0(B0), D32(B0), D36(B0), C64(B0), B68(B0), B173(C137), E177(D177), C96(C137), R45(D104), E68(F0), F68(F0), E173(C104), F173(C104), D96(C104), D68(C68), E104(C68), F96(B105), E150(C150), F150(C150), E182(D182), E96(B141), R39(R37), E146(B114), F146(B114), E141(D141), F4(C4), B205(B96), F141(C141), R38(C141), E105(B104), D154(C154), E154(C154), R41(R25), D105(C105), F105(C105), R49(C145), C155(D114), R19(R7), F186(E186), R40(R24), C110(C114), R20(R18), R21(B113), R30(R18), R31(B113), R14(F109), E73(D73), E109(D41), D72(C72), F73(C72), D109(E41), F219(E219), R28(E41), R34(E113), R42(C72), D223(D187), E155(F113), R8(D77), R13(C109), R33(C109), R46(F72), B223(B187)

LAXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 4)--TITRE:ENTROPIE par couleur (composition coloree 86 - 51 REGIONS)

NOMBRE DE POINTS : 277 ==EHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.156 1 LIGNE =0.065

B64											2	0	1	
:											!	0	0	1
B100											!	3	0	1
E64											!	8	0	1
F164											!	0	0	1
D64											!	9	0	1
E32											!	8	0	1
D0											!	10	0	1
C0											!	6	0	1
B0 D137											!	9	0	1
D104C104											!	0	0	1
E104B72											!	6	0	1
:											!	8	0	1
E72											!	6	0	1
D73											!	4	0	1
D105B41											!	2	0	1
C105											!	0	0	1
D96 R30 C77 F155C113 D146											!	1	0	1
B173											!	1	0	1
R22 R28 E110 R19 C146											!	6	0	1
B104B109C109R8 E113R35											!	6	0	1
B141C173 R21											!	2	0	1
C205R23 F113 B146											!	5	0	1
C141F118 R7											!	0	0	1
R27 R24											!	1	0	1
B96 R38 R26											!	0	0	1
D205 R40											!	0	0	1
R14											!	0	0	1
E205B113 R11 R15											!	1	0	1
B209											!	0	0	1
R37 D145 E145 F145 C178 R9											!	0	0	1
F205 R6											!	0	0	1
R39 C177 R10											!	0	0	1
D177 D178											!	0	0	1
E177											!	0	0	1
F177											!	0	0	1
D209R17											!	0	0	1
E209 C181R36 R43 D214 E181 F181											!	0	0	1
B177 R49 E214											!	0	0	1
B145 F214											!	0	0	1
R47											!	0	0	1
D213											!	0	0	1
C213											!	0	0	1
E213											!	0	0	1
F213											!	0	0	1
B213											!	0	0	1
B214											!	0	0	1

NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 107

B132(B64)	F133(B64)	F100(B100)	B137(B100)	F136(B100)	B68 (E64)	E100(E64)	E132(E64)	F132(E64)	B169(E64)
D133(E64)	E133(E64)	E136(E64)	E68 (D64)	F68 (D64)	D100(D64)	D132(D64)	C133(D64)	D136(D64)	D164(D64)
E164(D64)	R3 (D118)	E36 (E32)	C68 (E32)	D68 (E32)	C100(E32)	C132(E32)	D4 (E32)	E4 (E32)	F4 (E32)
E0 (D0)	C32 (D0)	C36 (D0)	C64 (D0)	F137(D0)	D150(C150)	F169(D0)	C136(D0)	C164(D0)	R45 (D0)
B32 (C0)	F32 (C0)	B36 (C0)	F36 (C0)	E137(C0)	B4 (C0)	F0 (B0)	D32 (B0)	D36 (B0)	F64 (B0)
B73 (B0)	C169(D137)	D169(B0)	E169(B0)	C4 (B0)	C72 (B72)	D72 (B72)	B77 (E41)	B219(B187)	B223(B187)
D110(F77)	D41 (C41)	F72 (E72)	C73 (E72)	C137(E72)	D223(D187)	F223(E223)	R32 (E72)	R44 (E72)	E73 (D73)
F73 (D73)	F104(D73)	B105(D73)	F219(E219)	R46 (D73)	E105(D105)	F105(D105)	R5 (D77)	R42 (D105)	F186(E186)
C96 (C105)	F255(C255)	R25 (R22)	D109(C109)	E109(C109)	F109(C109)	E173(B104)	F96 (B104)	B191(B186)	D173(B141)
F173(B141)	E96 (B141)	R12 (C173)	R20 (C173)	R31 (R21)	R29 (R23)	R41 (C205)	D141(C141)	E141(C141)	F141(C141)
R13 (F118)	R18 (C141)	B205(B96)	B218(F182)	C145(B113)	C209(D177)	F209(B177)			

LAXE HORIZONTAL( 2)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE:ENTROPIE par couleur (composition coloree 86 - 51 REGIONS)

NOMBRE DE POINTS : 277
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.136 1 LIGNE =0.057

Table with 3 columns: Region ID, X-coordinate, Y-coordinate. Lists 277 points with their respective region codes and coordinates.

NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 74

Table listing 74 overlapping points with their region codes and coordinates, such as F164(E164), B132(B64), F133(B64), etc.



# PLANO DE USOS DEL SUELO

Annexe 8

Codes  
analyse  
↓  
Zones  
image  
Val

Hab1	1
Hab2	2
Hab3	3
Hab4	4
Hab5	5
hsi1	6
hsi2	7
hsi1	8
hsi2	9
	10
	11
ca	12
	13
	14
	15
eqs	16
eqa	17
spor	18
eqp	19
citr	20
comm	21
inf	22
vert	23
ind	24
	25

mahu 17 26

rua	18	27
zac	19	28
gris	20	29

## SIMBOLOGIA

### ZONAS

H05	Habitacional hasta 50 hab/ha. (Lote tipo 1000 m2)
H1	Habitacional hasta 100 hab/ha. (Lote tipo 500 m2)
H2	Habitacional hasta 200 hab/ha. (Lote tipo 250 m2)
H4	Habitacional hasta 400 hab/ha. (Lote tipo 125 m2)
H8	Habitacional hasta 800 hab/ha. (Lote tipo plurifamiliar)
H2S	Habitacional hasta 200 hab/ha. / servicios
H4S	Habitacional hasta 400 hab/ha. / servicios
H2I	Habitacional hasta 200 hab/ha. / industria mezclada
H4I	Habitacional hasta 400 hab/ha. / industria mezclada
H2IS	Habitacional hasta 200 hab/ha. / industria mezclada / servicios
H4IS	Habitacional hasta 400 hab/ha. / industria mezclada / servicios
SU	Subcentro urbano
Ç	Corredor urbano / habitacional / oficinas / industria
CS	Corredor urbano / habitacional / oficinas / industria / servicios
CB	Centro de barrio
ES	Equipamiento de servicios administración, salud, educación y cultura
EA	Equipamiento de abasto
ED	Equipamiento de deportes y recreación
EP	Equipamiento de protección y seguridad
EM	Equipamiento mortuario
EC	Equipamiento de comunicaciones y transportes
EI	Equipamiento de infraestructura
AV	Áreas verdes y espacios abiertos
IV	Industria vecina
IA	Industria aislada

	Agrícola de mejoramiento y rehabilitación
	Agrícola intensivo
	Agrícola de conservación
	Agrícola de protección especial
	Agrícola perenne
	Pecuario estabulado
	Pecuario semiestabulado
	Pastoreo controlado
	Forestal múltiple
	Forestal restringido
	Áreas recreativas y culturales

PR	Poblado rural
ZEDEC	Zonas de desarrollo controlado
	Espacios abiertos. Los polígonos delimitados de esta forma se encuentran condicionados a que el Departamento del Distrito Federal pueda dotarlos de infraestructura.

### INTENSIDAD DE ZONAS

.05	Muy baja, hasta 0.5 veces el área del terreno
1	Baja, hasta una vez el área del terreno
1.5	Baja, hasta 1.5 veces el área del terreno
3.5	Media, hasta 3.5 veces el área del terreno
7.5	Alta, hasta 7.5 veces el área del terreno



Annexe 9

A D D A D - 89 -

ANALYSE DES CORRESPONDANCES (ANCCOR)  
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET

INS. 1 - TITRE :

AFC des types d'occupation du sol selon les couleurs (86)

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 18 columns: NOMJ(J)!, hb1, hb2, hb3, hb4, hb5, hsa1, cu, eqs, eqa, spor, eqp, citr, comm, info, vert, ind, natu, rura, zac. Row 1: PJ(J) ! 15 72 218 54 11 33 11 21 3 15 4 6 6 0 54 15 238 15 3 867

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 2 columns: NOMJ(J)!, gris, hsa2. Row 1: PJ(J) ! 29 41 867

1 LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.00000

HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES. Table with 3 columns: ! NUM ! VAL PROPRE ! POURC. ! CUMUL ! Variat. !. Rows 1-21 showing values and percentages.

Table with 20 columns: ! I ! QLT POID INR ! 1F COR CTR ! 2F COR CTR ! 3F COR CTR ! 4F COR CTR ! 5F COR CTR ! 6F COR CTR ! 7F COR CTR !. Rows 1-52 showing various numerical data points.

53!v181!	748	0	0!	-185	50	0!	-408	244	1!	189	52	0!	184	49	0!	184	50	0!	-19	1	0!	-454	302	5!
54!v182!	934	11	21!	-197	31	1!	-670	361	47!	-491	194	34!	612	301	81!	-183	27	8!	-114	10	5!	-110	10	9!
55!v183!	787	0	1!	-769	129	0!	-256	14	0!	-638	89	1!	-303	20	0!	-1137	283	5!	923	186	5!	-546	65	4!
56!v186!	965	3	23!	136	4	0!	-1088	242	35!	-1204	296	58!	1216	302	89!	-397	32	10!	-638	83	43!	168	6	6!
57!v187!	957	2	8!	-768	228	4!	-268	28	1!	-728	205	14!	-250	24	3!	-839	272	30!	634	156	28!	-339	44	16!
58!v191!	866	1	5!	-857	156	2!	-212	10	0!	-908	176	8!	-383	31	2!	-1039	230	17!	950	192	24!	-577	71	18!
59!v192!	994	0	6!	390	4	0!	-5381	732	28!	1326	44	2!	-2243	127	10!	1690	72	6!	730	13	2!	91	0	0!
60!v196!	999	0	16!	521	12	0!	-4198	803	79!	969	43	6!	-1407	90	18!	978	44	9!	320	5	2!	210	2	1!
61!v197!	944	0	1!	676	92	0!	-2028	823	6!	99	2	0!	-255	13	0!	250	13	0!	13	0	0!	83	1	0!
62!v200!	990	0	0!	639	47	0!	-2446	692	1!	477	26	0!	-934	101	0!	957	106	0!	352	14	0!	175	4	0!
63!v201!	987	1	8!	629	69	1!	-2165	817	41!	381	25	2!	-547	52	5!	340	20	2!	117	2	0!	86	1	0!
64!v205!	924	1	2!	519	153	1!	-1113	705	10!	127	9	0!	-216	26	1!	129	9	0!	179	18	1!	-73	3	0!
65!v209!	806	1	2!	285	81	0!	-625	388	5!	-19	0	0!	304	92	2!	168	28	1!	-42	2	0!	-465	215	19!
66!v210!	414	0	2!	-67	2	0!	-577	125	1!	220	18	0!	465	81	2!	-11	0	0!	-294	32	1!	-644	156	11!
67!v213!	523	0	1!	293	65	0!	-479	174	1!	237	42	0!	19	0	0!	320	78	1!	132	13	0!	-445	150	4!
68!v214!	866	2	6!	-61	2	0!	-938	579	21!	142	13	1!	253	42	3!	246	40	3!	-126	11	1!	-522	179	47!
69!v215!	770	0	0!	-45	0	0!	-1115	120	0!	1295	161	0!	-287	8	0!	-1992	382	1!	567	31	0!	837	67	0!
70!v217!	331	0	0!	-867	193	0!	274	19	0!	39	0	0!	-280	20	0!	325	27	0!	-451	52	0!	270	19	0!
71!v218!	959	1	6!	225	16	0!	-1137	413	16!	-633	128	7!	1010	326	25!	10	0	0!	-469	70	9!	-139	6	2!
72!v219!	689	0	2!	-396	68	0!	-445	86	1!	-685	203	3!	188	15	0!	-824	294	7!	144	9	0!	-181	14	1!
73!v222!	798	0	0!	143	3	0!	-2264	670	2!	-859	96	0!	312	13	0!	-171	4	0!	146	3	0!	-281	10	0!
74!v223!	859	1	12!	-843	109	3!	-293	13	1!	-1001	153	15!	-313	15	2!	-1212	224	36!	1296	257	67!	-757	88	46!
75!v224!	998	0	5!	428	5	0!	-5466	763	24!	1134	33	1!	-2103	113	7!	1691	73	5!	662	11	1!	143	1	0!
76!v228!	998	0	22!	472	7	0!	-5050	777	107!	1006	31	6!	-1822	101	28!	1544	73	22!	517	8	4!	186	1	1!
77!v229!	998	1	22!	548	11	1!	-4677	786	110!	811	24	5!	-1585	90	26!	1464	77	24!	459	8	4!	217	2	2!
78!v233!	996	1	30!	535	12	1!	-4331	815	154!	622	17	4!	-1289	72	28!	1287	72	30!	360	6	4!	224	2	3!
79!v237!	987	0	7!	481	18	0!	-3396	904	43!	72	0	0!	-548	24	2!	705	39	4!	141	2	0!	69	0	0!
80!v241!	697	0	1!	353	24	0!	-1679	543	4!	-388	29	0!	567	62	1!	-206	8	0!	-306	18	0!	-265	14	1!
81!v242!	498	0	1!	268	8	0!	-1265	190	1!	-944	106	1!	1022	124	1!	-609	44	0!	-369	16	0!	-296	10	0!
82!v246!	873	0	2!	209	12	0!	-1018	295	4!	-589	99	2!	988	278	7!	-118	4	0!	-804	184	9!	-22	0	0!
83!v250!	680	0	3!	225	13	0!	-1163	360	6!	-55	1	0!	765	155	5!	12	0	0!	-421	47	3!	-625	104	13!
84!v254!	400	0	0!	0	0	0!	-666	93	0!	404	34	0!	479	48	0!	-210	9	0!	-242	12	0!	-984	203	4!
85!v255!	857	1	10!	-813	98	2!	-300	13	1!	-945	132	11!	-404	24	3!	-1248	230	30!	1376	279	60!	-742	81	35!

! ! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000!

!	J!	!	Q!	P!	O!	I!	N!	!	R!	!	F!	C!	O!	R!	!	C!	T!	!	R!	!	2!	F!	C!	O!	R!	!	3!	F!	C!	O!	R!	!	4!	F!	C!	O!	R!	!	5!	F!	C!	O!	R!	!	6!	F!	C!	O!	R!	!	7!	F!	C!	O!	R!	!	8!	F!	C!	O!	R!	!	9!	F!	C!	O!	R!	!	10!
1!hb1!	985	18	78!	660	155	26!	-208	15	8!	1022	372	249!	-34	0	0!	-1075	412	442!	-226	18	32!	179	11	41!																																													
2!hb2!	846	83	23!	72	30	1!	55	17	2!	327	607	119!	24	3	1!	-141	114	36!	-73	30	16!	-89	45	47!																																													
3!hb3!	990	251	114!	-490	823	203!	86	25	18!	141	69	67!	80	22	32!	112	43	67!	14	1	2!	48	8	41!																																													
4!hb4!	950	63	52!	-543	557	62!	148	41	13!	-111	23	10!	-279	147	98!	111	23	17!	-280	148	172!	74	10	24!																																													
5!hb5!	647	13	4!	-304	474	4!	108	60	2!	-45	10	0!	-109	61	3!	2	0	0!	-43	9	1!	80	33	6!																																													
6!hail!	875	38	41!	-631	564	51!	-63	6	1!	-102	15	5!	164	38	21!	-82	9	5!	347	170	159!	226	72	137!																																													
7!cu!	757	13	4!	-275	437	3!	-31	5	0!	-138	110	3!	-57	18	1!	-137	108	5!	61	22	2!	-99	56	9!																																													
8!eqs!	638	24	6!	-6	0	0!	-178	187	8!	-53	16	1!	-10	1	0!	-236	329	29!	30	5	1!	-130	99	29!																																													
9!eqa!	809	4	33!	-371	25	2!	12	0	0!	-1036	191	54!	-1316	309	132!	-256	12	5!	-1199	256	190!	-308	17	25!																																													
10!spor!	1000	18	134!	235	11	3!	-1999	826	703!	418	36	42!	-611	77	134!	460	44	81!	155	5	15!	26	0	1!																																													
11!eqp!	630	4	10!	-698	333	7!	-270	50	3!	-377	97	8!	305	64	8!	-233	37	5!	259	46	10!	-68	3	1!																																													
12!citr!	491	7	6!	-240	96	1!	-8	0	0!	51	4	0!	79	10	1!	142	33	3!	-54	5	1!	-454	342	99!																																													
13!comm!	641	7	9!	-367	162	3!	-133	21	1!	-499	299	23!	-134	22	3!	-210	53	7!	101	12	3!	-244	72	30!																																													
14!infs!	461	0	3!	-859	87	0!	-522	32	1!	-1009	120	3!	424	21	1!	-809	77	3!	815	78	5!	620	45	5!																																													
15!vert!	997	63	98!	416	172	37!	-496	246	153!	-459	210	177!	550	302	383!	-64	4	6!	-244	59	131!	52	3	12!																																													
16!ind!	934	18	49!	-659	245	26!	-177	18	5!	-593	198	83!	-207	24	15!	-621	218	146!	581	190	208!	-268	41	90!																																													
17!natu!	1000	275	253!	737	917	503!	169	48	77!	-62	7	14!	-80	11	35!	71	9	30!	69	8	46!	14	0	4!																																													
18!rura!	806	17	13!	-244	120	3!	17	1	0!	355	256	29!	218	96	17!	74	11	2!	-1	0	0!	-399	322	197!																																													
19!zac!	505	4	5!	-240	72	1!	322	130	4!	94	11	0!	-202	51	3!	398	199	13!	-158	31	3!	-95	11	2!																																													
20!gris!	805	34	17!	-263	215	8!	-29	3	0!	113	40	6!	245	187	41!	186	108	25!	-43	6	2!	-282	247	191!																																													
21!hai2!	944	47	51!	-584	489	54!	-20	1	0!	-404	234	103!	-277	110	73!	-271	106	74!	-34	2	2!	52	4	9!																																													

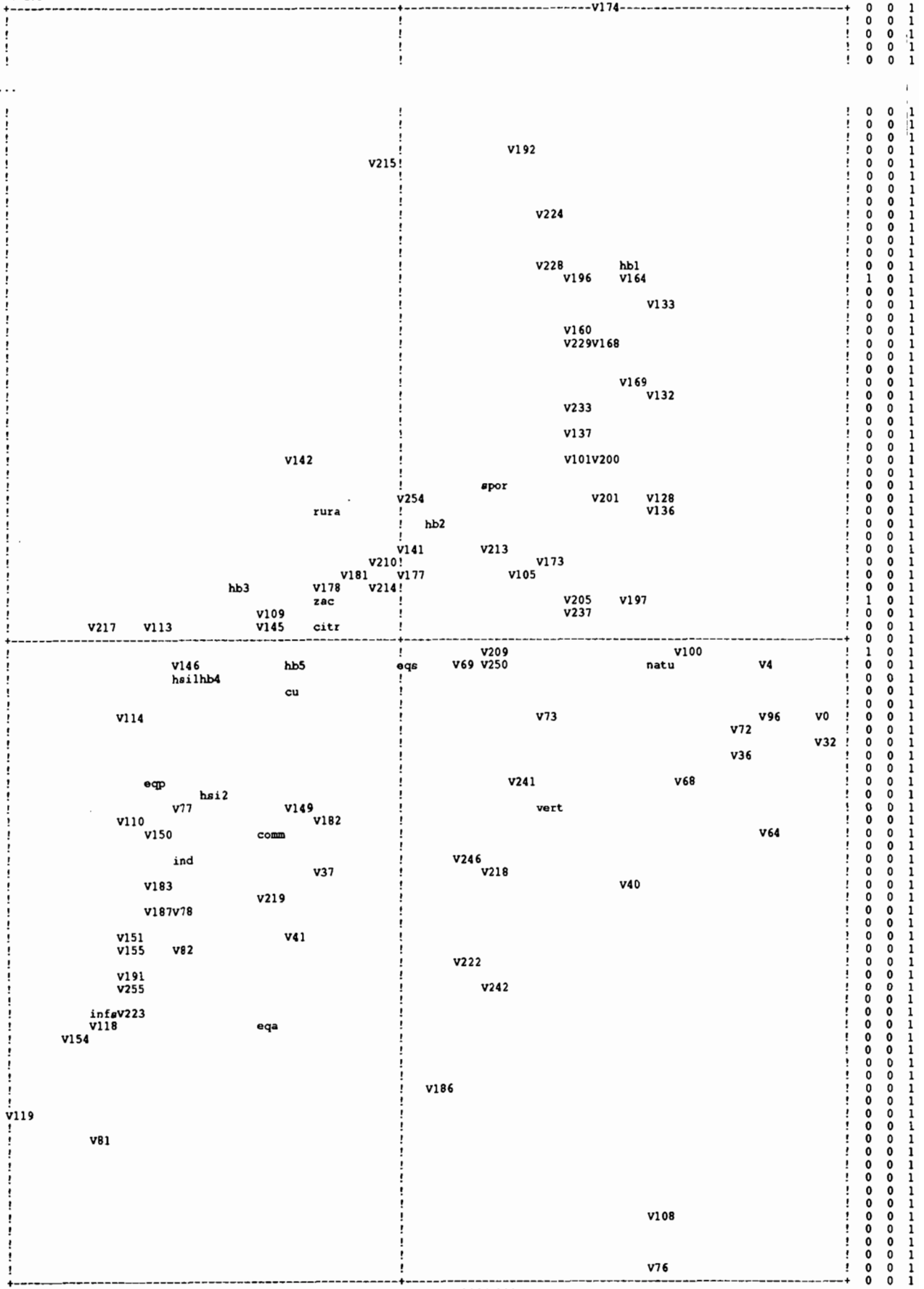
! ! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000!





1 AXE HORIZONTAL ( 1 ) -- AXE VERTICAL ( 3 ) -- TITRE :  
NOMBRE DE POINTS : 106

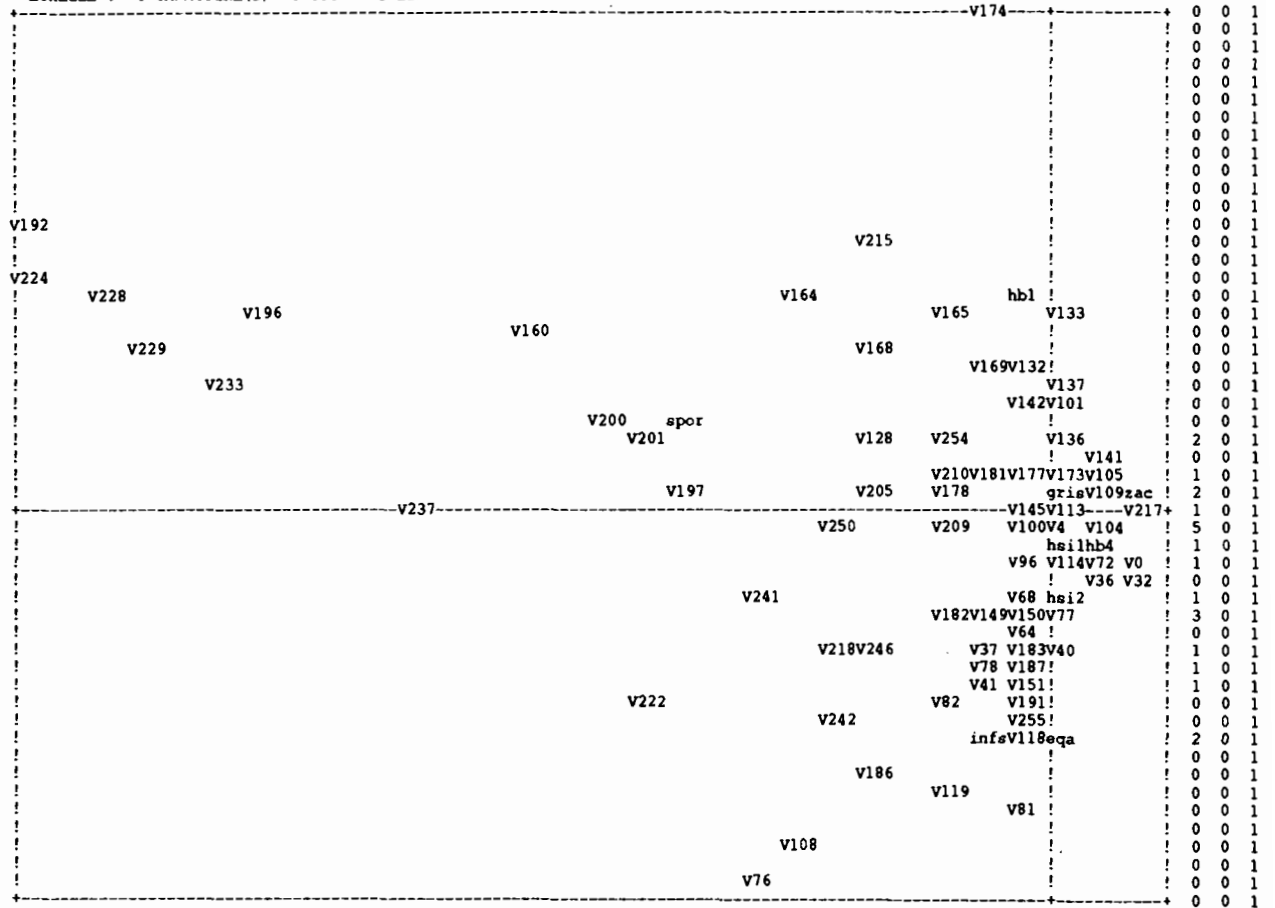
AFC des types d'occupation du sol selon les couleurs (86)  
== ECHELLE : 4 CARACTERE(S) = 0.083 1 LIGNE = 0.035



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 3 V165 (V164) gris (zac ) V104 (V100)

AXE HORIZONTAL( 2)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE: AFC des types d'occupation du sol selon les couleurs (86)

NOMBRE DE POINTS : 106  
 ==EHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.198 1 LIGNE =0.082



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 22

hb2 (V136) rura(V136) V213(V181) V214(V205) hb3 (V109) citr(V113) V69 (V4 ) V146(V100) hb5 (V104) eqs (V100)  
 natu(V104) cu (hsil) V73 (V72 ) eqp (V68 ) V110(V77 ) comm(V150) vert(V149) ind (V183) V219(V78 ) V155(V151)  
 V154(V118) V223(V118)



Encuestador: AA <sup>Revised</sup> Fecha: 16/5/90

Hora: 11 h 40 hasta: 12 h 40

Zona n°: 2 Transect n°: 2 Lado obs.: E-D desplazamiento: C → D

objetos				calles seguidas				Annexe 10 observaciones, fotos...
codigo	mat o techo	n° de pasos	arboles	rect	mat	arbol	nombre	
<del>1</del>	<del>1</del>	10		R	T		Zapala	PE. C
2	1	8						
3	1	15	•					
4	1	22						2 fotos
5	1	72						
6	1	50						
7	1	11						
8	1	14		R	T		BEN B. JUAREZ	
9	1	23						
10	1	13						
11	1	9						
12	1	5						
13	1	11	•					HOJA ATLETA
14	1	13						
15	1	10						
16	1	7						
17	1	6						
18	1	10						
19	1	20						
20	1	8						
21	1	8						
22	1	10						MIGUEL HIDALGO
23	1	22						
24	1	59						HABER...
25	1	10						
26	1	72						
27	1	23		R	T		FCO. VILLA	
28	1	22						
29	1	30						CON INTER...
30	1	8						1 plato
31	1	3						
32	1	7						
33	1	22						
34	1	10						
35	1	32						
36	1	23						A. SERRAN
37	1	8						
38	1	8						
39	1	12						
40	1	5	•					
41	1	5						
42	1	5						
43	1	16						
44	1	19						

151



Annexe 11

IBIBLIOTHEQUE ADDAD - VERS. 83 -

CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE - METHODE DES VOISINS RECIPROQUES (CAHVOR - 204)  
 AUTEUR : J. JUAN

OCARTE 1 - TITRE DE L'ANALYSE

Typologie des zones d'enquete de terrain

OCARTE 2 - PARAMETRES GENERAUX : NI, NJ, IOPT, LECIJ, STCAH  
 26 31 3 0 1

OCARTE 3 - OPTIONS : HISTO, DESCR, ARBRE  
 1 1 1

OCARTE 4 - NOMS DES VARIABLES :

proc tace tano deca pca pa pm pz plo pl ptj pp prc par pt ppo pc ph paf pcrb  
 tamz ecar de j dea deb dom ob def che ihs pcve

OCARTE 5 - FORMAT DES DONNEES :  
 (a4,31f6.0)

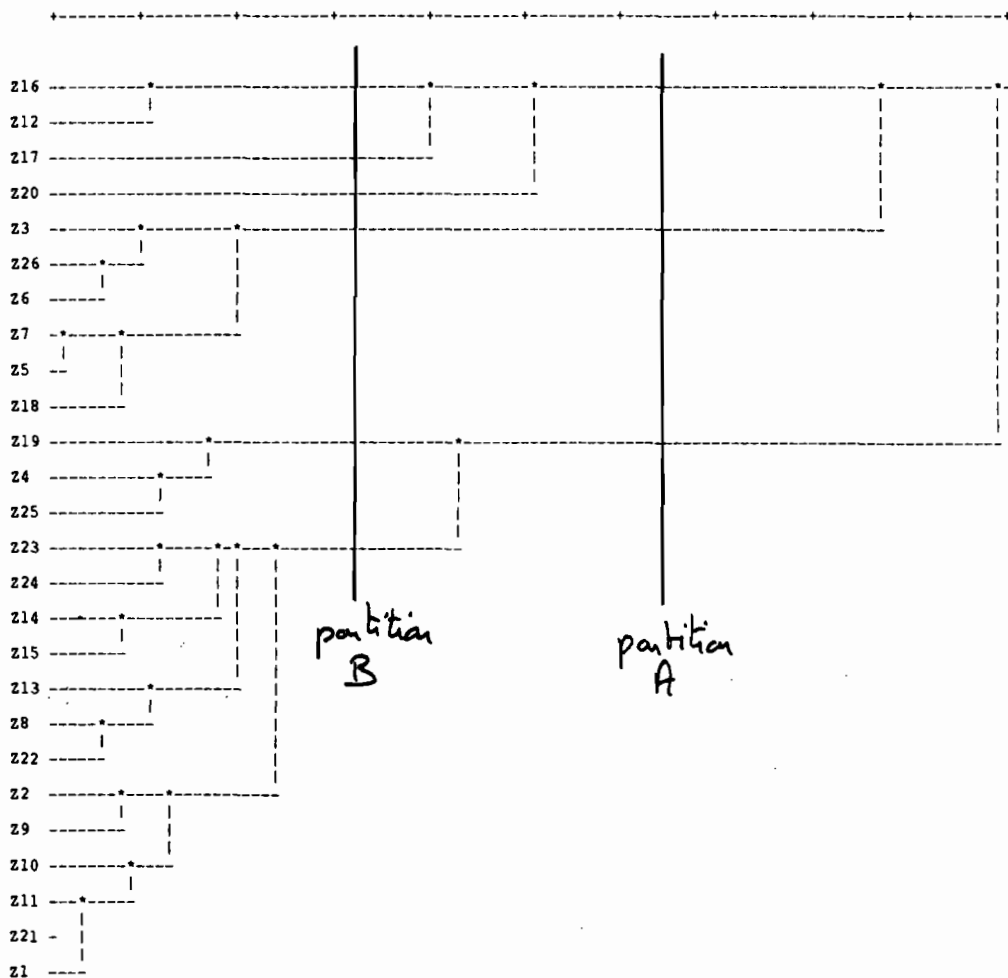
0  
 0  
 1

SOMME DES INDICES DE NIVEAU 0.31000E+02

J	I(J)	A(J)	B(J)	T(J)	T(Q)	HISTOGRAMME DES INDICES DE NIVEAU DE LA HIERARCHIE
51	5578	50	48	180	180	*****
50	4881	49	44	157	337	*****
49	2851	47	20	92	429	*****
48	2420	42	46	78	507	*****
47	2235	38	17	72	580	*****
46	1366	45	41	44	624	*****
45	1155	43	37	37	661	*****
44	1123	36	32	36	697	*****
43	1054	40	33	34	731	*****
42	969	19	39	31	762	*****
41	772	34	35	25	787	*****
40	694	23	24	22	810	*****
39	685	4	25	22	832	*****
38	658	16	12	21	853	*****
37	621	13	30	20	873	*****
36	589	3	31	19	892	*****
35	543	10	29	18	909	*****
34	492	2	9	16	925	****
33	485	14	15	16	941	****
32	474	27	18	15	956	****
31	385	26	6	12	969	***
30	348	8	22	11	980	***
29	265	11	28	9	988	**
28	243	21	1	8	996	**
27	115	7	5	4	1000	*

J	I(J)	A(J)	B(J)	P(J)	DESCRIPTION DES CLASSES DE LA HIERARCHIE
51	5578	50	48	26	
50	4881	49	44	10	216 212 217 220 23 226 26 27 25 218
49	2851	47	20	4	216 212 217 220
48	2420	42	46	16	219 24 225 223 224 214 215 213 28 222 22 29 210 211 221 21
47	2235	38	17	3	216 212 217
46	1366	45	41	13	223 224 214 215 213 28 222 22 29 210 211 221 21
45	1155	43	37	7	223 224 214 215 213 28 222
44	1123	36	32	6	23 226 26 27 25 218
43	1054	40	33	4	223 224 214 215
42	969	19	39	3	219 24 225
41	772	34	35	6	22 29 210 211 221 21
40	694	23	24	2	223 224
39	685	4	25	2	24 225
38	658	16	12	2	216 212
37	621	13	30	3	213 28 222
36	589	3	31	3	23 226 26
35	543	10	29	4	210 211 221 21
34	492	2	9	2	22 29
33	485	14	15	2	214 215
32	474	27	18	3	27 25 218
31	385	26	6	2	226 26
30	348	8	22	2	28 222
29	265	11	28	3	211 221 21
28	243	21	1	2	221 21
27	115	7	5	2	27 25

IREPRESENTATION DE LA CLASSIFICATION HIERARCHIQUE



IFIN NORMALE DU PROGRAMME CAHVOR

Annexe 12

A D D A D - 89 -

ANALYSE DES CORRESPONDANCES (ANCORR)
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET

- INS. 1 - TITRE : AFC des couleurs - composition coloree de 1989
INS. 2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI,NJ,NF,NI2,NJ2,LECIJ,STFI,STFJ
INS. 3 - OPTIONS : IOUT,IMPVP,IMPFI,IMPFI,NGR
INS. 5 - GRAPHE (NGR DEMANDES DE GRAPHIQUES) : X,Y,GI,GJ,NCHAR,OPT,NPAGE,CADRE
INS. 6 - LISTE (LECTURE DU TABLEAU DES DONNEES - A,F) :

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 19 columns (R1-R19) and 1 row (PJ(J) !). Values range from 2 to 812.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 19 columns (R20-R38) and 1 row (PJ(J) !). Values range from 3 to 812.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 17 columns (R39-R51) and 1 row (PJ(J) !). Values range from 2 to 812.

1 LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.00000

Table with 5 columns: !NUM ! VAL PROPRE ! POURC. ! CUMUL !VARIAT.!! HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES. Rows 2-51.

Table with 20 columns: ! I1 ! QLT POID INR ! 1#F COR CTR ! 2#F COR CTR ! 3#F COR CTR ! 4#F COR CTR ! 5#F COR CTR ! 6#F COR CTR ! 7#F COR CTR !. Rows 1!W0 to 9!W40.

Main data table with columns for identifiers (e.g., 10!W41, 11!W45) and numerical values. The table lists 90 rows of data, each containing multiple columns of numbers.

! ! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000!

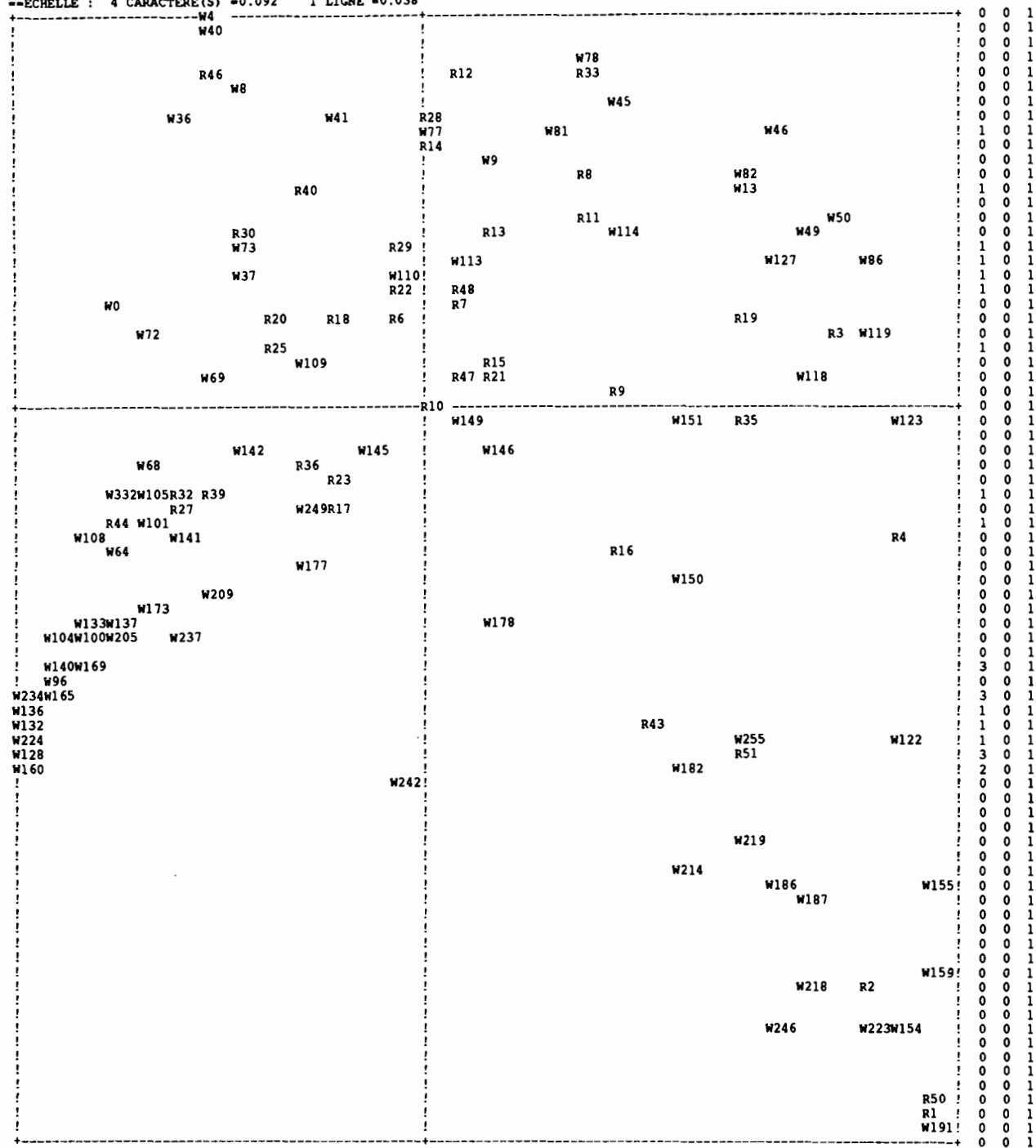
! J1 ! QLT POID INR! 1#F COR CTR! 2#F COR CTR! 3#F COR CTR! 4#F COR CTR! 5#F COR CTR! 6#F COR CTR! 7#F COR CTR!

Summary table with columns for identifiers (e.g., 1!R1, 2!R2) and numerical values. The table lists 21 rows of data, each containing multiple columns of numbers.



1AXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 2)--TITRE: AFC des couleurs - composition coloree de 1989

NOMBRE DE POINTS : 141  
 --EHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.092 1 LIGNE =0.038



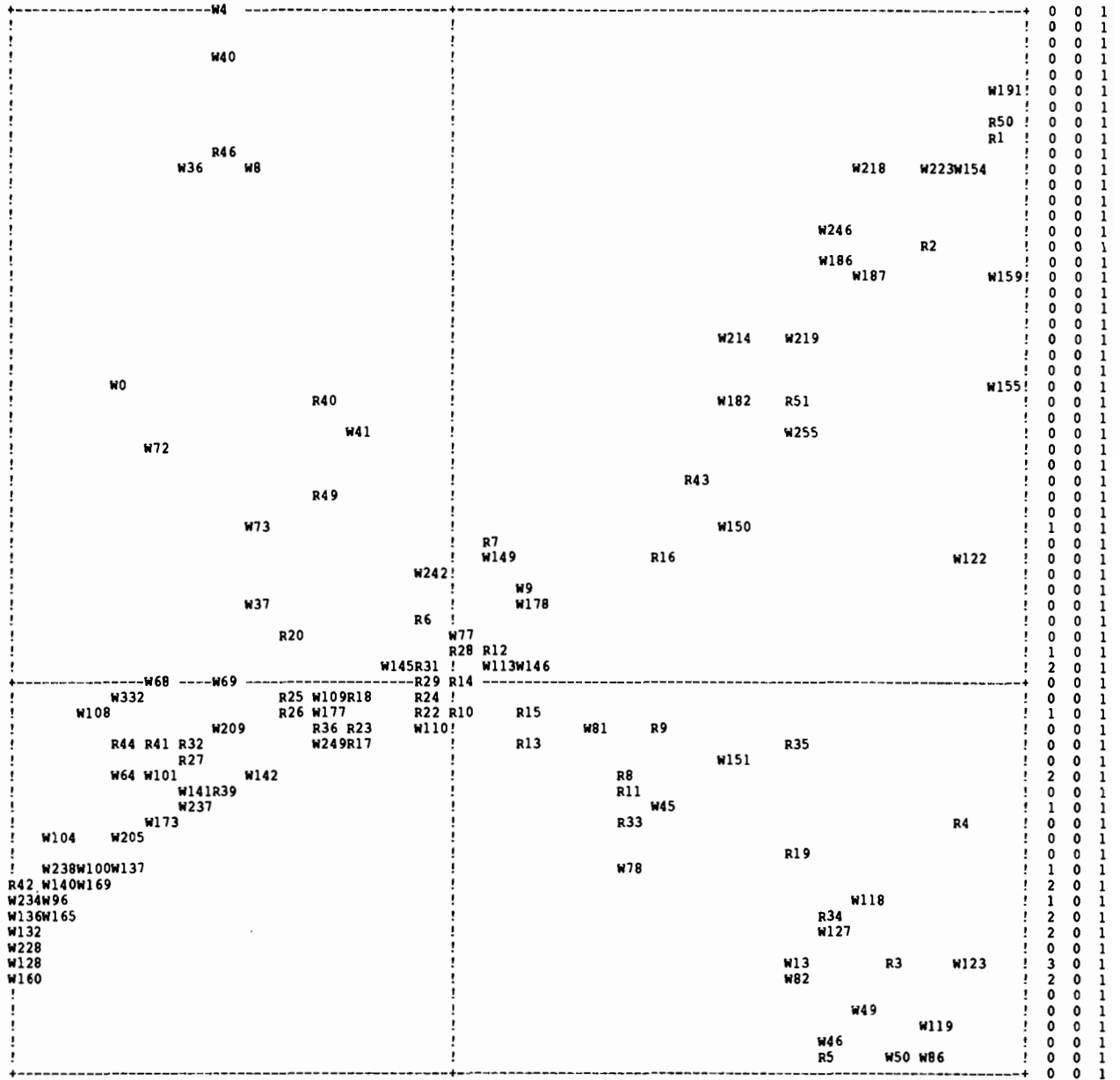
NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 23

R5 (W46 ) R49 (R40 ) R31 (R29 ) R34 (W127) R37 (W110) R24 (R22 ) R26 (R25 ) R38 (W105) R41 (W101) W201(W169)  
 W238(W140) R45 (W140) W197(W165) W233(W165) R42 (W234) W200(W136) W168(W132) W228(W224) W164(W128) W196(W128)  
 W229(W128) W192(W160) W232(W160)



AXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE: AFC des couleurs - composition coloree de 1989

NOMBRE DE POINTS : 141  
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.092 1 LIGNE =0.038

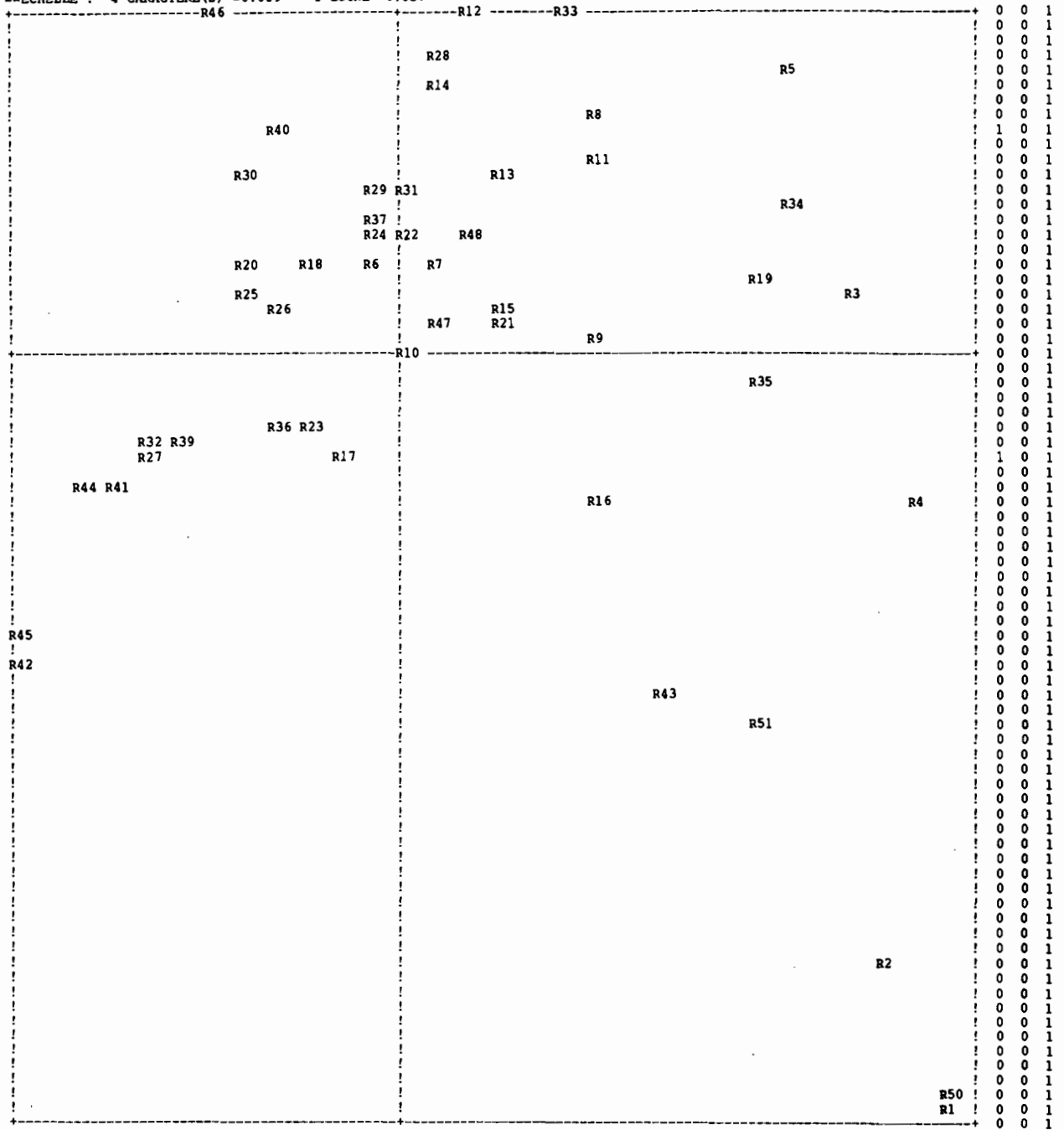


NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 21

- R30 (W73 ) R48 (R12 ) R21 (W146) R47 (W113) R37 (R22 ) W105(W101) R38 (W101) W114(W45 ) W133(W100) W201(W169)
- R45 (W140) W233(W96 ) W197(W165) W200(W136) W168(W132) W224(W132) W164(W128) W196(W128) W229(W128) W192(W160)
- W232(W160)

LAXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 2)--TITRE: AFC des couleurs - composition coloree de 1989

NOMBRE DE POINTS : 51  
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.089 1 LIGNE =0.037



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 2

R49 (R40 ) R38 (R27 )

Annexe 13

A D D A D - 89 -

ANALYSE DES CORRESPONDANCES (AN CORR)
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET

- INS. 1 - TITRE : AFC entropie des couleurs - composition coloree de 1989
INS. 2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI,NJ,NF,N12,NJ2,LECIJ,STFI,STFJ
INS. 3 - OPTIONS : IOUT,IMPVP,IMPFI,IMPFJ,NGR
INS. 5 - GRAPHE (NGR DEMANDES DE GRAPHIQUES) : X,Y,GI,GJ,NCHAR,OPT,NPAGE,CADRE
INS. 6 - LISTE (LECTURE DU TABLEAU DES DONNEES - A,F) :

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 19 columns (S1-S19) and 1 row (PJ(J)).

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 11 columns (S20-S30) and 1 row (PJ(J)).

LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.00000

Table with 5 columns: NUM, VAL PROPRE, POURC., CUMUL, VARIAT. HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES.

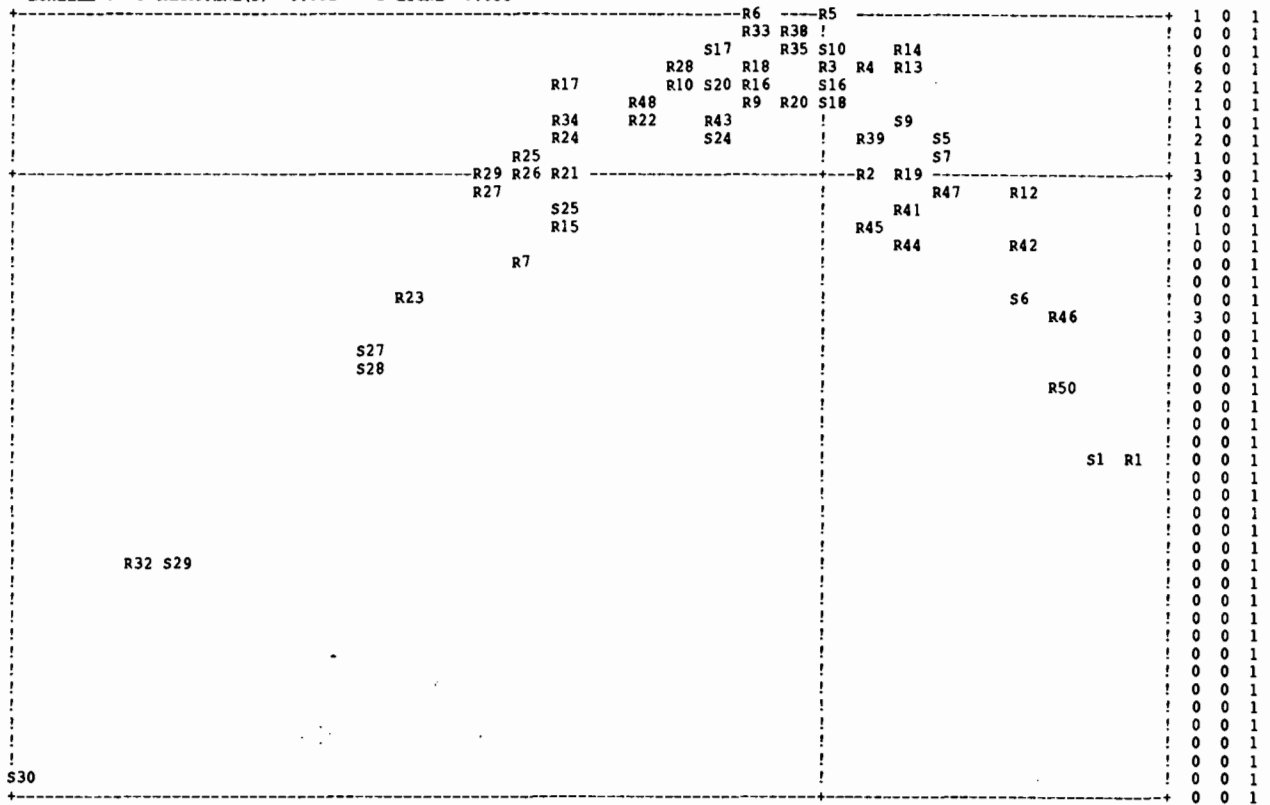
Table with 19 columns (I1-I19) and 19 rows (R1-R19) showing correlation and contrast data.

38!R38 ! 947 8 3! -100 89 0! 306 843 11! 6 0 0! 19 3 0! -6 0 0! -27 6 4! 23 5 7!
39!R39 ! 808 5 1! 98 317 0! 93 285 1! -49 79 1! 29 28 1! 20 13 1! 49 79 9! 15 8 2!
40!R40 ! 930 11 2! 215 834 2! 34 21 0! -24 10 1! 36 24 2! 23 10 2! 34 21 10! 23 9 10!
41!R41 ! 984 82 11! 158 620 10! -71 126 6! 26 16 5! 58 83 37! 62 94 110! 35 31 77! 24 14 81!
42!R42 ! 995 41 36! 468 831 43! -156 92 15! -75 21 20! 91 31 46! -13 1 3! 51 10 82! 48 9 167!
43!R43 ! 867 3 1! -283 664 1! 140 162 1! -31 8 0! -18 3 0! 18 3 0! -42 15 3! 39 13 7!
44!R44 ! 967 27 5! 189 651 5! -122 271 6! 46 39 5! 8 1 0! -12 3 1! 1 0 0! 11 2 6!
45!R45 ! 986 102 12! 68 125 2! -91 224 13! 140 530 172! -9 2 1! 58 90 120! 3 0 1! -24 15 102!
46!R46 ! 998 97 112! 514 754 121! -281 225 114! 60 10 30! 5 0 0! 14 1 7! -53 8 208! 6 0 6!
47!R47 ! 901 3 1! 315 748 2! -40 12 0! 17 2 0! -59 26 2! 116 101 16! -24 4 1! -31 7 6!
48!R48 ! 977 5 5! -487 830 5! 164 94 2! 99 34 4! -44 7 1! -46 7 4! -38 5 5! 7 0 0!
49!R49 ! 769 4 1! 195 628 1! 9 1 0! -75 92 2! -12 2 0! -16 4 0! 50 41 8! 3 0 0!
50!R50 ! 991 3 6! 512 387 3! -449 298 8! 125 23 4! -383 217 56! 118 21 14! -38 2 3! -169 42 141!
51!R51 ! 982 13 4! 303 934 6! -36 13 0! -39 15 2! -17 3 0! 19 4 2! 30 9 9! -20 4 9!

! ! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000!
1 ! J1 ! QLT POID INR! 1#F COR CTR! 2#F COR CTR! 3#F COR CTR! 4#F COR CTR! 5#F COR CTR! 6#F COR CTR! 7#F COR CTR!
1!S1 ! 999 42 117! 649 498 84! -589 410 219! 249 73 224! -60 4 21! 82 8 100! -55 4 96! -43 2 134!
2!S2 ! 995 47 57! 511 704 58! -294 233 61! 2 0 0! -140 53 125! 6 0 1! 35 3 44! 26 2 54!
3!S3 ! 994 38 45! 513 740 48! -293 241 49! -11 0 0! -20 1 2! -62 11 52! 3 0 0! 19 1 25!
4!S4 ! 996 39 47! 511 714 49! -293 235 50! -1 0 0! 107 31 61! -59 10 48! 8 0 2! 45 6 138!
5!S5 ! 992 37 16! 247 460 11! 86 56 4! -118 105 44! -217 356 233! 14 1 2! 42 13 48! -4 0 1!
6!S6 ! 998 33 40! 503 691 40! -260 185 34! -49 7 7! 156 67 110! -127 44 190! -39 4 40! 5 0 1!
7!S7 ! 989 61 16! 245 765 17! 72 67 5! -95 116 47! -44 25 16! 8 1 1! 33 14 51! -10 1 11!
8!S8 ! 984 55 15! 240 712 15! 79 78 5! -106 139 53! 58 42 25! -18 4 6! 20 5 17! -17 3 26!
9!S9 ! 980 25 8! 225 553 6! 113 138 5! -126 173 34! 81 71 22! -23 6 5! -7 1 1! -60 39 159!
10!S10 ! 976 26 10! 17 3 0! 268 625 28! -70 42 11! -185 298 119! -12 1 1! -28 7 16! 7 0 2!
11!S11 ! 966 23 6! 233 658 6! 93 105 3! -117 165 27! 40 19 5! 2 0 0! 17 3 5! -36 16 53!
12!S12 ! 978 44 13! 247 684 13! 73 59 3! -88 87 29! 104 121 64! 39 17 24! 24 6 19! -18 4 24!
13!S13 ! 928 9 5! 279 471 3! -14 1 0! -11 1 0! 154 145 28! 175 187 93! 127 98 106! 64 25 61!
14!S14 ! 978 59 13! -6 1 0! 249 908 55! -23 8 3! -54 42 23! 9 1 2! -34 17 53! 9 1 8!
15!S15 ! 982 54 13! -23 7 0! 256 905 52! -41 23 8! 18 4 2! 4 0 0! -52 37 110! -21 6 40!
16!S16 ! 973 46 8! -2 0 0! 218 885 33! 3 0 0! 35 23 8! 48 44 39! -31 18 34! 13 3 14!
17!S17 ! 968 16 9! -261 394 5! 266 409 17! 47 13 3! -141 114 44! -69 28 28! -36 7 16! 25 4 18!
18!S18 ! 970 47 8! 16 5 0! 164 542 19! 51 52 10! 85 144 46! 103 214 177! 5 0 1! 25 13 52!
19!S19 ! 821 12 2! -29 14 0! 181 541 6! 53 46 3! 78 101 10! 81 108 27! -25 10 6! 5 0 0!
20!S20 ! 990 50 23! -288 605 20! 202 295 31! 88 57 34! -32 7 7! -49 17 42! -34 8 44! 7 0 4!
21!S21 ! 981 24 11! -291 620 10! 190 264 13! 106 82 23! 17 2 1! -37 10 12! -12 1 3! 16 2 11!
22!S22 ! 987 63 23! -270 658 22! 134 161 17! 128 147 88! 40 15 14! 14 2 5! 13 1 8! 16 2 29!
23!S23 ! 983 11 18! -669 929 24! 15 0 0! 114 27 12! -55 6 5! -97 20 37! -3 0 0! 5 0 0!
24!S24 ! 886 8 4! -266 555 3! 101 81 1! 149 175 16! 90 64 9! 22 4 1! 29 6 5! -10 1 1!
25!S25 ! 996 47 74! -675 958 102! -50 5 2! 108 25 48! 2 0 0! -47 5 37! 36 3 47! -9 0 6!
26!S26 ! 992 27 43! -670 932 58! -93 18 4! 125 33 37! 14 0 1! -10 0 1! 58 7 70! -26 1 31!
27!S27 ! 995 10 46! -1096 890 59! -372 103 21! -36 1 1! -15 0 0! -29 1 3! 11 0 1! 6 0 1!
28!S28 ! 998 27 125! -1099 870 157! -416 125 71! -36 1 3! -2 0 0! -6 0 0! 39 1 32! -32 1 49!
29!S29 ! 1000 13 138! -1578 745 148! -848 215 135! -349 36 131! -5 0 0! 74 2 24! -67 1 43! 24 0 13!
30!S30 ! 996 2 47! -1981 632 43! -1278 263 56! -722 84 103! 26 0 0! 224 8 41! -217 8 83! 91 1 34!
! ! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000!

LAXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 2)--TITRE: AFC entropie des couleurs - composition coloree de 1989

NOMBRE DE POINTS : 81
==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.092 1 LIGNE =0.038

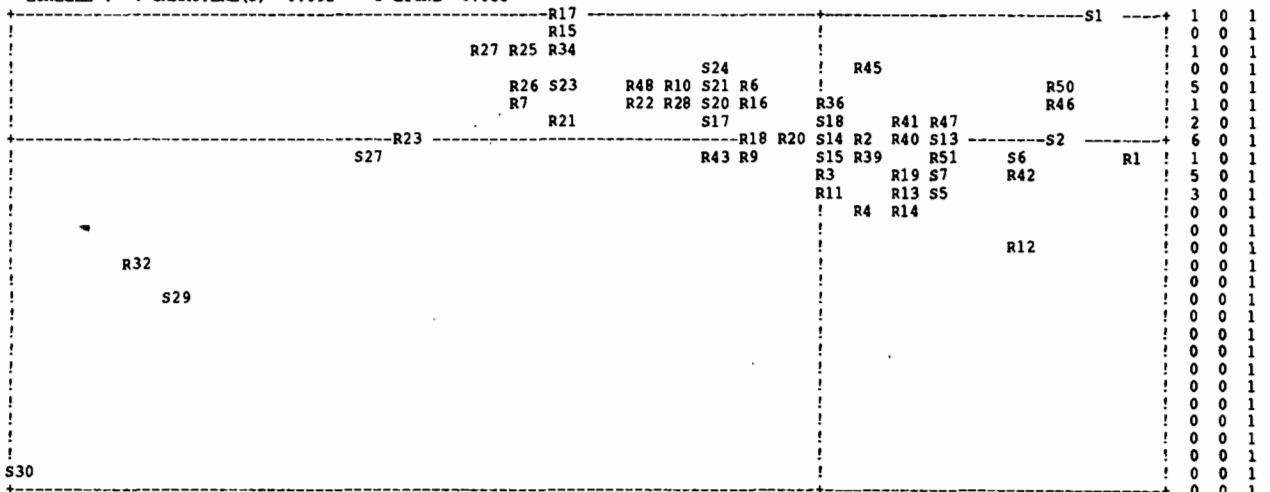


NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 23

R37 (R6 ) R8 (R3 ) R11 (R3 ) R30 (R28 ) R36 (R3 ) S14 (R3 ) S15 (R3 ) R31 (R17 ) S21 (S20 ) S19 (S18 )
S22 (R43 ) S8 (S5 ) S11 (S5 ) S12 (S7 ) R40 (R19 ) R49 (R19 ) S23 (R21 ) R51 (R47 ) S13 (R47 ) S26 (R15 )
S2 (R46 ) S3 (R46 ) S4 (R46 )

LAXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE: AFC entropie des couleurs - composition coloree de 1989

NOMBRE DE POINTS : 81
==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.092 1 LIGNE =0.038



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 25

R31 (R17 ) R29 (R27 ) R30 (R10 ) R37 (R6 ) S22 (S21 ) S25 (S23 ) S26 (S23 ) S19 (R36 ) R24 (R21 ) R44 (R41 )
R33 (R18 ) R35 (R20 ) R38 (R20 ) S3 (S2 ) S4 (S2 ) S16 (S14 ) S28 (S27 ) R5 (R3 ) R8 (R3 ) R49 (R19 )
S10 (R3 ) S12 (S7 ) S8 (S5 ) S9 (R13 ) S11 (S5 )



A D D A D - 89
ANALYSE DES CORRESPONDANCES (ANCORR)
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET
INS. 1 - TITRE :

Mouvements des 51 regions d'apres les structures de 86 - representation des regions uniquement
Rxx = regions de 86
RRxx = regions de 89 en supplementaire

- INS. 2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI,NJ,NF,NI2,NJ2,LECIJ,STFI,STFJ
INS. 3 - OPTIONS : IOUT,IMPVP,IMPFI,IMPFJ,NGR
INS. 4 - ORGAN (ORGANISATION DES NJ VARIABLES, 1=ACTIVE, 0=SUPPLEMENTAIRE) :
INS. 5 - GRAPHE (NGR DEMANDES DE GRAPHIQUES) : X,Y,GI,GJ,WCHAR,OPT,NPAGE,CADRE
INS. 6 - LISTE (LECTURE DU TABLEAU DES DONNEES - A,F) :

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 19 columns (R1 to R19) and 1 row (PJ(J) !). Values range from 2 to 810.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 18 columns (R20 to R38) and 1 row (PJ(J) !). Values range from 1 to 810.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 16 columns (R39 to RR5) and 1 row (PJ(J) !). Values range from 3 to 810.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 18 columns (RR7 to RR25) and 1 row (PJ(J) !). Values range from 1 to 810.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 17 columns (RR26 to RR44) and 1 row (PJ(J) !). Values range from 1 to 810.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

Table with 6 columns (RR45 to RR51) and 1 row (PJ(J) !). Values range from 2 to 810.

1 LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.00000

Table with 5 columns: !NUM, !VAL PROPRE, !POURC., !CUMUL, !VARIAT.!! HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES. Rows 2-38.

```

! 39 ! 0.00018 ! 0.006! 99.978! 0.002!
! 40 ! 0.00015 ! 0.005! 99.983! 0.001!
! 41 ! 0.00012 ! 0.004! 99.987! 0.001!
! 42 ! 0.00009 ! 0.003! 99.990! 0.001!
! 43 ! 0.00009 ! 0.003! 99.993! 0.000!
! 44 ! 0.00007 ! 0.002! 99.995! 0.001!
! 45 ! 0.00006 ! 0.002! 99.997! 0.000!
! 46 ! 0.00004 ! 0.001! 99.998! 0.001!
! 47 ! 0.00002 ! 0.001! 99.999! 0.001!
! 48 ! 0.00001 ! 0.000! 99.999! 0.000!
! 49 ! 0.00001 ! 0.000!100.000! 0.000!
! 50 ! 0.00001 ! 0.000!100.000! 0.000!
! 51 ! 0.00001 ! 0.000!100.000! 0.000!

```

! I1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!	4#F	COR	CTR!	5#F	COR	CTR!
1!V0 !	730	21	22!	-725	160	14!	-939	269	30!	-107	4	1!	-962	282	60!	219	15	5!
2!V4 !	864	24	15!	-626	207	12!	-651	224	17!	-399	84	11!	-108	6	1!	806	343	80!
3!V8 !	301	0	0!	-241	28	0!	74	3	0!	-449	98	0!	507	125	0!	311	47	0!
4!V9 !	277	1	2!	2	0	0!	696	115	1!	-670	106	2!	369	32	1!	-312	23	1!
5!V32 !	698	7	12!	-757	109	5!	-1045	208	12!	-53	1	0!	-1411	380	43!	-39	0	0!
6!V36 !	949	54	33!	-642	224	29!	-670	244	40!	-401	88	25!	9	0	0!	852	394	202!
7!V37 !	379	1	1!	-539	144	1!	-493	120	1!	-240	28	0!	-401	79	1!	-121	7	0!
8!V40 !	842	17	19!	-578	98	7!	-487	70	7!	-530	82	13!	655	126	22!	1260	466	136!
9!V41 !	381	29	14!	-387	105	6!	-95	6	0!	-426	126	15!	433	131	17!	137	13	3!
10!V45 !	366	7	11!	140	4	0!	957	209	11!	-751	129	12!	81	2	0!	-314	22	4!
11!V50 !	589	0	0!	499	48	0!	1366	361	0!	-686	91	0!	-673	88	0!	84	1	0!
12!V64 !	827	5	6!	-718	143	3!	-965	259	7!	69	1	0!	-1212	409	22!	-225	14	1!
13!V68 !	833	22	16!	-667	202	13!	-819	304	24!	-27	0	0!	-836	317	48!	-144	9	2!
14!V69 !	499	1	1!	-568	101	0!	-616	119	1!	38	0	0!	-685	147	2!	-652	133	2!
15!V72 !	539	21	13!	-572	181	9!	-538	160	10!	-127	9	1!	285	45	5!	510	144	29!
16!V73 !	719	65	18!	-498	304	21!	-346	147	13!	-242	72	11!	366	164	27!	162	32	9!
17!V77 !	813	105	30!	-254	75	9!	217	55	8!	-366	157	40!	645	487	136!	-180	38	17!
18!V78 !	380	6	10!	128	3	0!	1006	199	10!	-759	113	10!	122	3	0!	-560	62	9!
19!V81 !	378	4	3!	32	0	0!	705	199	3!	-229	21	1!	469	88	3!	-418	70	3!
20!V82 !	593	19	22!	264	20	2!	1184	395	44!	-706	141	27!	-158	7	1!	-331	31	11!
21!V86 !	521	0	1!	497	43	0!	1328	309	1!	-738	95	1!	-640	72	0!	81	1	0!
22!V96 !	868	3	4!	-742	106	2!	-1053	214	5!	83	1	0!	-1608	499	21!	-493	47	3!
23!V100 !	897	12	16!	-707	126	8!	-958	231	19!	99	2	0!	-1371	473	71!	-505	64	16!
24!V101 !	621	1	2!	-640	69	1!	-854	124	1!	170	5	0!	-1300	287	5!	-897	137	4!
25!V104 !	516	9	8!	-612	148	4!	-714	202	8!	247	24	2!	-494	96	7!	-340	46	5!
26!V105 !	747	24	11!	-551	210	10!	-568	224	13!	145	15	1!	-387	104	11!	-528	193	34!
27!V108 !	100	0	1!	-497	36	0!	-497	36	0!	312	14	0!	122	2	0!	-271	11	0!
28!V109 !	712	100	21!	-351	189	16!	-78	9	1!	59	5	1!	478	351	71!	-320	157	52!
29!V110 !	432	3	2!	-147	9	0!	403	69	1!	-213	19	0!	416	73	2!	-786	262	10!
30!V113 !	428	26	13!	-130	11	1!	312	64	4!	265	46	5!	618	249	31!	-299	58	12!
31!V114 !	759	88	46!	195	24	4!	999	639	147!	-207	27	11!	12	0	0!	-327	68	48!
32!V118 !	865	34	54!	568	67	14!	1543	494	134!	-579	70	33!	-1012	213	108!	328	22	19!
33!V119 !	725	1	1!	459	49	0!	1391	447	3!	-650	98	1!	-749	130	1!	112	3	0!
34!V122 !	211	0	0!	417	18	0!	1108	130	0!	-625	41	0!	-445	21	0!	27	0	0!
35!V123 !	395	0	1!	410	32	0!	1175	259	1!	-615	71	0!	-420	33	0!	-52	1	0!
36!V128 !	616	1	4!	-720	58	1!	-1028	117	2!	222	5	0!	-1722	329	12!	-980	107	7!
37!V132 !	714	5	11!	-715	80	3!	-997	156	8!	166	4	0!	-1555	380	38!	-771	93	15!
38!V133 !	507	1	2!	-672	44	0!	-969	90	1!	282	8	0!	-1593	245	5!	-1119	121	4!
39!V136 !	948	2	3!	-684	149	1!	-914	266	3!	200	13	0!	-1192	452	11!	-462	68	3!
40!V137 !	929	10	9!	-650	150	5!	-834	247	11!	198	14	1!	-1049	392	33!	-595	126	18!
41!V141 !	566	29	15!	-484	148	9!	-478	145	11!	416	109	14!	-168	18	3!	-481	146	34!
42!V145 !	533	22	16!	-186	15	1!	27	0	0!	998	442	62!	385	66	10!	-150	10	3!
43!V146 !	509	26	27!	111	4	0!	546	95	13!	1107	392	93!	228	17	4!	-74	2	1!
44!V150 !	865	52	41!	579	143	23!	1072	489	100!	375	60	21!	-505	108	42!	392	65	41!
45!V151 !	833	4	6!	631	74	2!	1511	422	14!	-612	69	4!	-1125	234	14!	422	33	3!
46!V154 !	658	3	5!	1137	315	6!	773	146	3!	-4	0	0!	-701	120	5!	563	77	6!
47!V155 !	776	14	22!	975	193	17!	1163	275	31!	-439	39	8!	-1017	210	44!	541	59	21!
48!V159 !	429	1	1!	485	63	0!	999	266	1!	-486	63	1!	-372	37	0!	-26	0	0!
49!V160 !	436	1	3!	-715	33	0!	-1027	68	1!	330	7	0!	-1828	215	6!	-1333	114	5!
50!V164 !	527	1	4!	-689	50	1!	-959	98	2!	267	8	0!	-1553	256	10!	-1047	116	7!
51!V168 !	851	0	1!	-688	120	0!	-925	216	1!	217	12	0!	-1253	397	2!	-648	106	1!
52!V169 !	876	3	3!	-663	121	2!	-902	224	4!	244	16	0!	-1237	421	13!	-585	94	5!
53!V173 !	616	7	6!	-554	134	3!	-664	192	5!	465	94	5!	-530	123	6!	-409	73	6!
54!V177 !	476	8	9!	-328	31	1!	-295	25	1!	1193	406	32!	101	3	0!	-201	12	2!
55!V178 !	661	4	9!	65	1	0!	114	2	0!	2026	654	49!	79	1	0!	136	3	0!
56!V182 !	768	16	36!	480	34	5!	403	24	4!	2110	648	200!	162	4	1!	635	59	32!
57!V186 !	397	6	20!	1158	123	10!	174	3	0!	1516	211	37!	19	0	0!	807	60	19!
58!V187 !	683	13	45!	2520	607	109!	-803	62	14!	81	1	0!	-124	1	1!	361	12	9!
59!V191 !	980	14	50!	2934	812	162!	-1284	156	39!	-327	10	4!	103	1	0!	-110	1	1!
60!V192 !	429	0	1!	-699	32	0!	-1006	66	0!	329	7	0!	-1788	210	2!	-1313	113	2!
61!V196 !	556	0	1!	-692	56	0!	-959	107	0!	300	11	0!	-1513	267	2!	-989	114	1!
62!V200 !	815	0	0!	-749	101	0!	-1070	207	0!	84	1	0!	-1626	478	0!	-388	27	0!
63!V201 !	627	0	1!	-597	108	0!	-766	177	0!	389	46	0!	-808	197	1!	-575	100	1!
64!V205 !	574	1	1!	-479	90	0!	-609	146	1!	640	161	1!	-494	96	1!	-453	81	1!
65!V209 !	358	2	4!	-306	15	0!	-324	16	0!	1435	323	12!	128	3	0!	-85	1	0!
66!V214 !	602	4	20!	254	4	0!	145	1	0!	2914	564	100!	316	7	1!	629	26	8!
67!V218 !	690	3	7!	811	87	2!	157	3	0!	2016	537	31!	146	3	0!	670	59	6!
68!V219 !	592	1	5!	2221	481	10!	-901	79	2!	501	24	1!	4	0	0!	276	7	1!
69!V223 !	969	22	112!	3375	745	333!	-1756	202	114!	-421	12	11!	258	4	5!	-288	5	9!
70!V224 !	583	0	0!	-594	58	0!	-763	96	0!	150	4	0!	-1418	330	0!	-762	95	0!
71!V228 !	773	0	0!	-676	98	0!	-910	178	0!	31	0	0!	-1501	484	2!	-236	12	0!
72!V229 !	100	0	0!	-314	14	0!	-123	2	0!	-219	7	0!	-733	76	0!	78	1	0!
73!V232 !	474	0	0!	-694	63	0!	-983	126	0!	112	2	0!	-1462	278	0!	-220	6	0!
74!V233 !	367	0	0!	-464	79	0!	-512	96	0!	416	63	0!	-530	103	0!	-271	27	0!
75!V237 !	256	0	0!	-301	20	0!	-351	28	0!	939	199	1!	-21	0	0!	-192	8	0!
76!V238 !	158	0	0!	-232	8	0!	85	1	0!	-160	4	0!	-696	69	0!	-732	77	0!
77!V246 !	365	1	11!	73	0	0!	8	0	0!	3115	351	32!	448	7	1!	435	7	1!
78!V250 !	231	1	29!	371	2	0!	95	0	0!	3577	211	53!	598	6	2!	849	12	5!
79!V255 !	950	8	33!	2973	745	98!	-1500	190	32!	-245	5	1!	231	4	1!	-267	6	3!

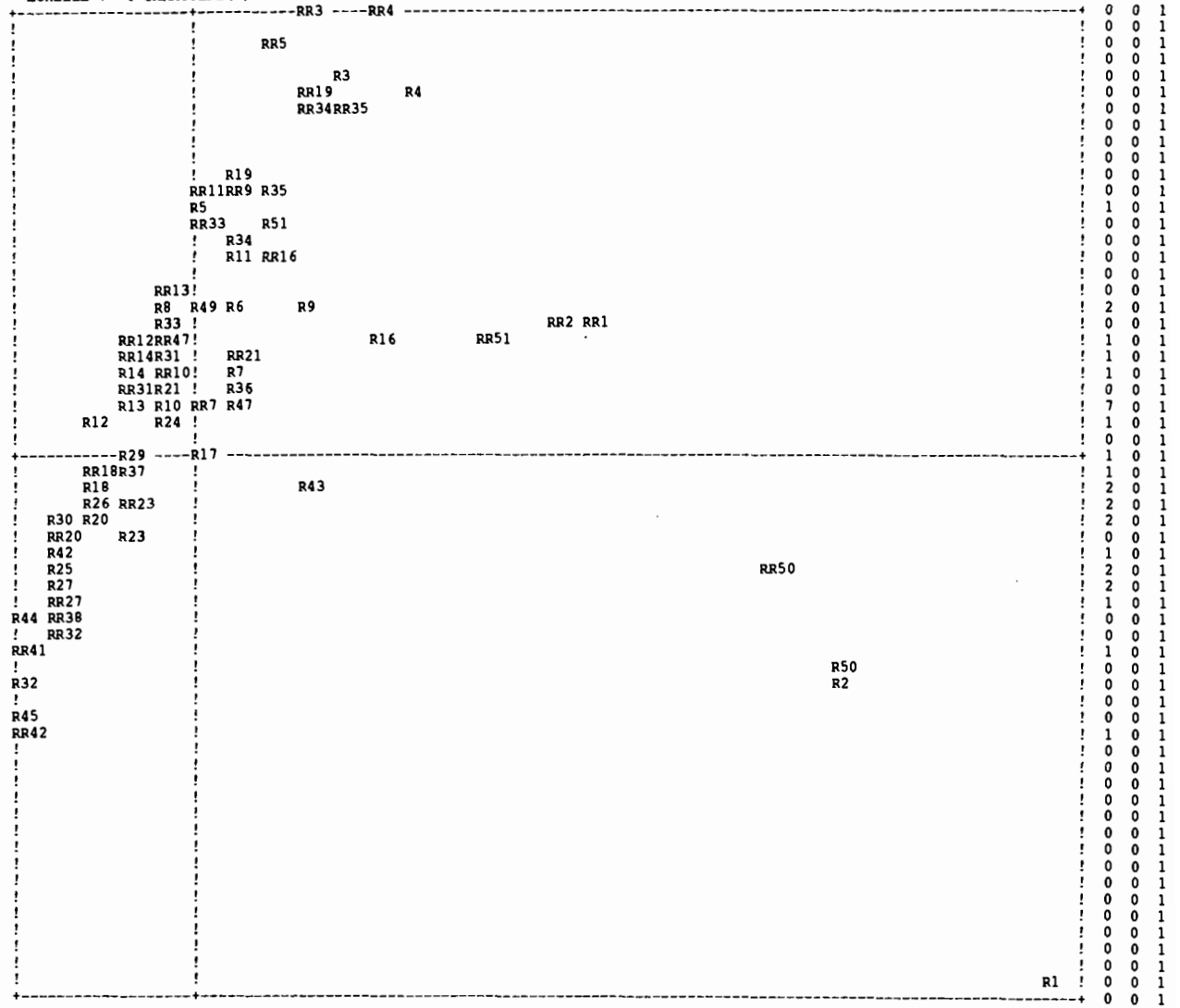




1AXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICALE( 2)--TITRE:Mouvements des 51 regions d'apres les structures de 86

NOMBRE DE POINTS : 102

==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.139 1 LIGNE =0.058

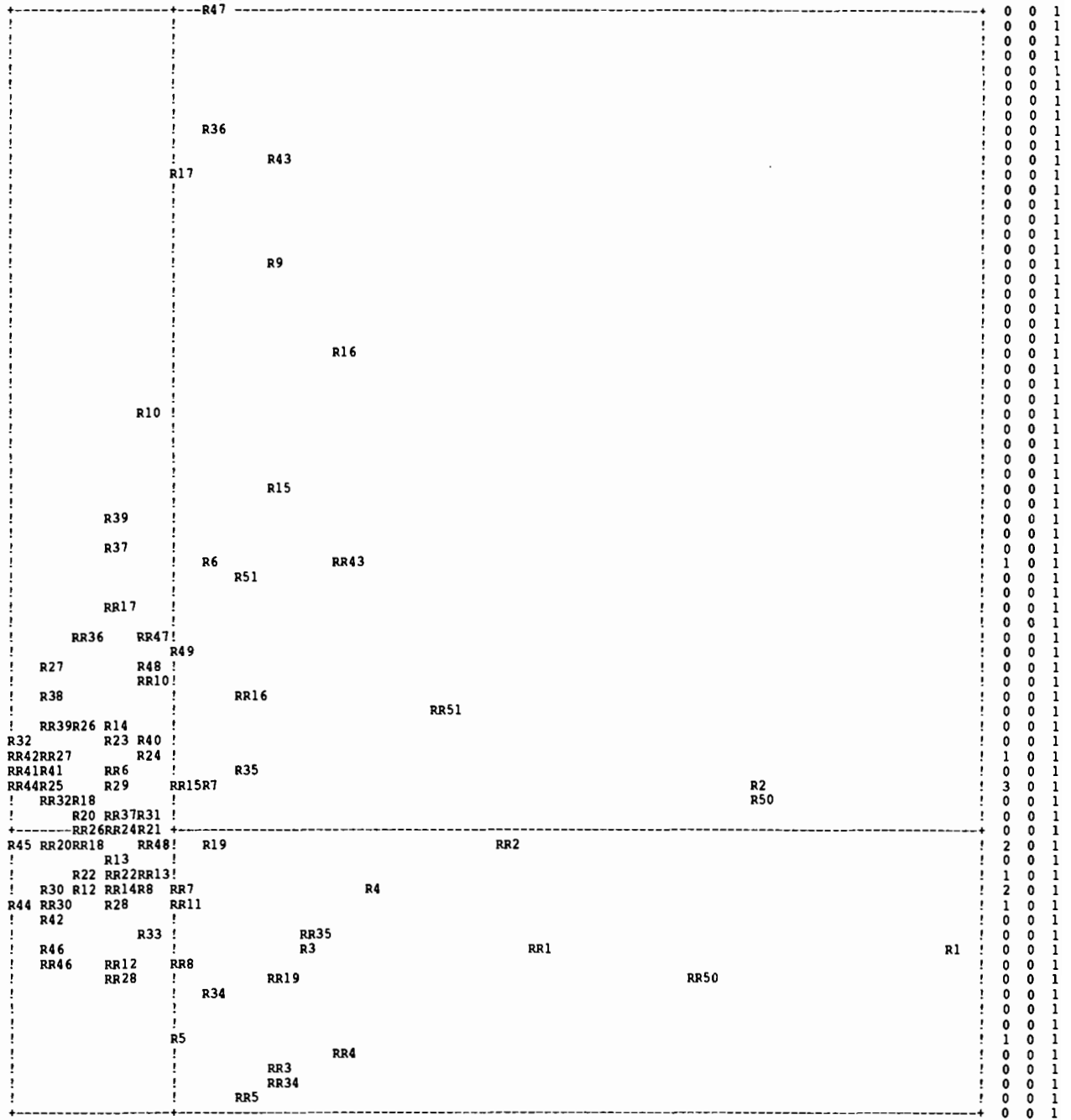


NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 30

- RR8 (R5 ) R15 (R9 ) RR15(R49 ) RR43(R16 ) RR48(R31 ) RR28(R14 ) R28 (R13 ) R40 (R10 ) RR6 (R13 ) RR22(R13 )
- RR24(R13 ) RR29(R13 ) RR37(R13 ) R48 (R24 ) RR17(R29 ) R39 (R37 ) R22 (R18 ) RR49(R18 ) RR26(R26 ) RR36(R26 )
- RR25(R20 ) RR40(R20 ) RR30(R42 ) R38 (R25 ) RR39(R25 ) R41 (R27 ) R46 (R27 ) RR46(RR27) RR44(RR41) RR45(RR42)

AXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE:Mouvements des 51 regions d'apres les structures de 86

NOMBRE DE POINTS : 102  
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.139 1 LIGNE =0.058

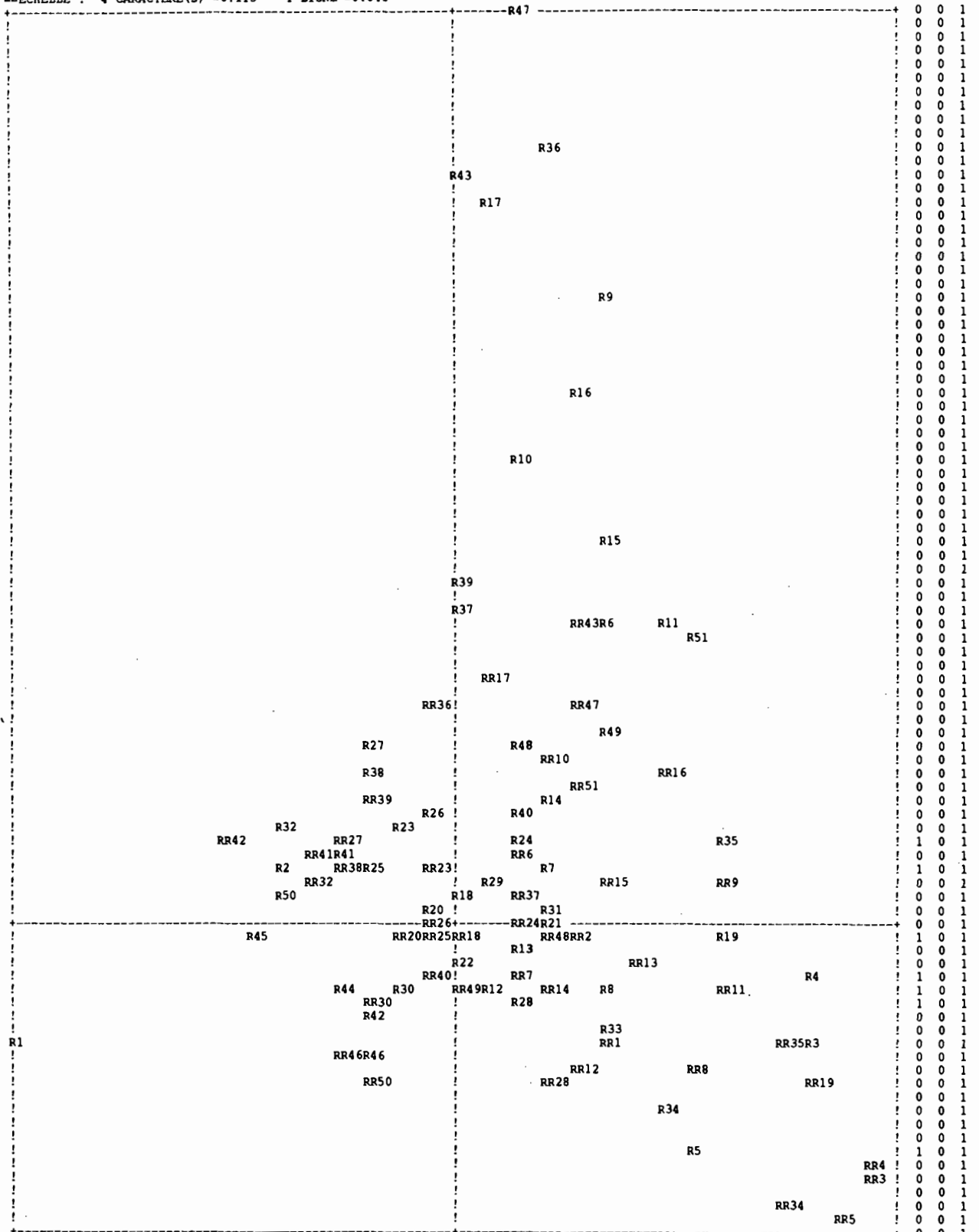


NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 12

R11 (R6 ) RR45(RR42) RR9 (R7 ) RR23(R29 ) RR38(R25 ) RR21(R19 ) RR25(RR18) RR40(R22 ) RR31(RR14) RR49(R12 )  
RR29(R28 ) RR33(R5 )

LAXE HORIZONTAL( 2)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE:Mouvements des 51 regions d'apres les structures de 86

NOMBRE DE POINTS : 102  
--ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.115 1 LIGNE =0.048



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 7  
RR45(RR42) RR44(R2 ) RR21(RR2 ) RR22(RR7 ) RR31(RR14) RR29(R28 ) RR33(R5 )

Annexe 15

A D D A D - 89 -
ANALYSE DES CORRESPONDANCES (ANCCORR)
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET
INS. 1 - TITRE :

51 regions dans les structures invariantes (1986)

INS. 2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI,NJ,NF,NI2,NJ2,LECIJ,STFI,STFJ
78 68 7 0 51 3 1 1

INS. 3 - OPTIONS : IOUT,IMPVP,IMFFI,IMPFFJ,NGR
0 0 3 3 8

INS. 4 - ORGAN (ORGANISATION DES NJ VARIABLES, 1-ACTIVE, 0-SUPPLEMENTAIRE) :
111111111111111111111100

INS. 5 - GRAPHE (NGR DEMANDES DE GRAPHIQUES) : X,Y,GI,GJ,NCHAR,OPT,NPAGE,CADRE
1 2114310 1 3114310 1 4114310 1 5114310 2 3114310 2 4114310 2 5114310 3 4114310

INS. 6 - LISTE (LECTURE DU TABLEAU DES DONNEES - A,F) :
FX1 FX2 FX3 FX4 FX5 FX6 FX7 FX8 FX9 FX10 FX11 FX12 FX13 FX14 FX15 FX16 FX17 R1 R2 R3
R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20 R21 R22 R23
R24 R25 R26 R27 R28 R29 R30 R31 R32 R33 R34 R35 R36 R37 R38 R39 R40 R41 R42 R43
R44 R45 R46 R47 R48 R49 R50 R51

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -2

Table with 19 columns: NOMJ(J)!, FX1, FX2, FX3, FX4, FX5, FX6, FX7, FX8, FX9, FX10, FX11, FX12, FX13, FX14, FX15, FX16, FX17, R1, R2. Row PJ(J)! contains values: 6, 5, 25, 47, 25, 21, 27, 14, 15, 21, 50, 16, 23, 11, 33, 39, 9, 253, 207, 388.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -2

Table with 21 columns: NOMJ(J)!, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21. Row PJ(J)! contains values: 770, 126, 113, 26, 101, 648, 80, 20, 140, 180, 65, 21, 71, 74, 25, 238, 162, 45, 66, 388.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -2

Table with 21 columns: NOMJ(J)!, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40. Row PJ(J)! contains values: 81, 106, 12, 35, 82, 41, 35, 43, 173, 87, 221, 199, 115, 125, 34, 8, 62, 41, 89, 388.

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -2

Table with 11 columns: NOMJ(J)!, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51. Row PJ(J)! contains values: 661, 335, 21, 219, 833, 789, 25, 39, 34, 23, 108, 388.

LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.00000

HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES. Table with columns: NUM, VAL PROPRE, POURC., CUMUL, VARIAT. Rows 2-17 show data points with cumulative percentages.

Table with columns: ! 1!, QLT POID INR!, 1#F COR CTR!, 2#F COR CTR!, 3#F COR CTR!, 4#F COR CTR!, 5#F COR CTR!, 6#F COR CTR!, 7#F COR CTR!. Rows 1!V0 to 35!V133 show correlation coefficients for various variables.

36!V136!	995	2	3!	458	29	0!	-1423	281	4!	-1735	417	10!	448	28	1!	826	94	-3!	-973	131	6!	325	15	1!
37!V137!	992	10	17!	371	21	2!	-992	152	11!	-1891	552	67!	440	30	4!	194	6	1!	-1163	209	51!	382	23	8!
38!V141!	995	10	8!	183	12	0!	-475	82	3!	-1493	810	45!	74	2	0!	-203	15	1!	-371	50	6!	-260	25	4!
39!V142!	991	1	2!	357	26	0!	-907	171	1!	-1718	612	7!	391	32	0!	-108	2	0!	-780	126	3!	324	22	1!
40!V145!	930	3	3!	-140	5	0!	-69	1	0!	-919	218	5!	-588	89	3!	-214	12	0!	-50	1	0!	-1528	603	42!
41!V146!	954	7	8!	-4	0	0!	-6	0	0!	-791	155	8!	-741	135	9!	-76	1	0!	-289	21	2!	-1613	642	102!
42!V150!	978	14	30!	-194	5	1!	264	9	1!	-265	9	2!	-1339	236	62!	85	1	0!	-383	19	8!	-2304	699	431!
43!V151!	370	2	1!	76	3	0!	356	62	0!	-145	10	0!	-761	282	2!	-31	0	0!	135	9	0!	-82	3	0!
44!V154!	964	1	2!	-455	43	0!	260	14	0!	-93	2	0!	-1219	306	4!	136	4	0!	-356	26	1!	-1662	569	19!
45!V155!	415	9	12!	23	0	0!	425	39	2!	68	1	0!	-1151	288	30!	213	10	1!	-336	25	4!	-490	52	13!
46!V159!	260	2	1!	67	2	0!	442	74	0!	131	6	0!	-654	162	2!	118	5	0!	-115	5	0!	-129	6	0!
47!V160!	1000	4	11!	725	56	3!	-2649	751	35!	817	71	5!	-151	2	0!	-954	97	12!	-436	20	3!	74	1	0!
48!V164!	1000	4	11!	630	42	2!	-2214	512	25!	-491	25	2!	248	6	1!	1968	405	52!	290	9	1!	40	0	0!
49!V165!	991	1	1!	430	21	0!	-1308	197	1!	-1982	452	4!	473	26	0!	252	7	0!	-1524	267	5!	426	21	1!
50!V168!	1000	1	5!	683	27	1!	-2453	347	7!	-200	2	0!	241	3	0!	3102	554	30!	1066	65	5!	-104	1	0!
51!V169!	993	3	5!	473	34	1!	-1496	339	8!	-1523	352	13!	393	23	1!	837	106	6!	-908	125	10!	298	13	1!
52!V173!	986	3	5!	409	30	1!	-1207	259	5!	-1624	469	16!	359	23	1!	746	99	5!	-737	97	7!	228	9	1!
53!V177!	913	1	1!	40	1	0!	-526	87	0!	-1339	565	3!	-132	5	0!	47	1	0!	-493	77	1!	-751	178	3!
54!V178!	962	2	2!	173	7	0!	-672	99	1!	-1599	564	9!	-27	0	0!	11	0	0!	-1060	248	8!	-447	44	2!
55!V182!	959	2	4!	-807	101	2!	-211	7	0!	-700	76	2!	-843	110	4!	82	1	0!	-651	66	4!	-1960	597	49!
56!V186!	998	4	16!	-3735	960	63!	-626	27	2!	73	0	0!	-92	1	0!	33	0	0!	-82	0	0!	-377	10	3!
57!V187!	869	1	2!	21	0	0!	145	5	0!	-528	65	1!	-979	223	3!	25	0	0!	-346	28	1!	-1535	548	17!
58!V191!	378	3	4!	-95	2	0!	354	32	1!	-40	0	0!	-861	190	6!	82	2	0!	-137	5	0!	-754	146	11!
59!V192!	1000	4	13!	782	50	3!	-2908	698	38!	1312	142	13!	-257	5	1!	-1096	99	14!	-224	4	1!	8	0	0!
60!V196!	1000	3	14!	758	36	2!	-2795	494	30!	568	20	2!	52	0	0!	2389	361	56!	1159	85	17!	-167	2	1!
61!V201!	1000	2	8!	677	28	1!	-2428	357	12!	-92	1	0!	194	2	0!	2977	537	47!	1108	74	8!	-127	1	0!
62!V205!	993	1	3!	652	36	1!	-2329	458	7!	41	0	0!	90	1	0!	2273	436	16!	851	61	3!	-123	1	0!
63!V209!	212	0	0!	204	5	0!	-366	16	0!	-202	5	0!	-391	18	0!	678	55	0!	910	99	0!	-350	15	0!
64!V210!	952	0	1!	336	18	0!	-822	105	0!	-1364	598	3!	443	30	0!	-19	0	0!	-1070	177	2!	390	24	0!
65!V214!	915	1	1!	101	2	0!	-318	16	0!	-1272	252	2!	-609	58	1!	14	0	0!	-821	105	2!	-1759	483	10!
66!V218!	982	0	2!	-3231	832	6!	-510	21	0!	-41	0	0!	-398	13	0!	35	0	0!	-188	3	0!	-1195	114	4!
67!V219!	962	0	1!	228	7	0!	-730	76	0!	-1809	464	2!	-144	3	0!	151	3	0!	-1450	298	3!	-886	111	2!
68!V222!	1000	8	58!	-5007	959	232!	-965	36	9!	133	1	0!	228	2	1!	1	0	0!	43	0	0!	275	3	3!
69!V223!	1000	24	149!	-4710	962	604!	-895	35	23!	101	0	0!	168	1	2!	-5	0	0!	42	0	0!	180	1	4!
70!V224!	1000	14	77!	849	35	11!	-3217	497	166!	2083	208	114!	-466	10	7!	-2250	243	209!	-362	6	7!	-19	0	0!
71!V228!	1000	8	28!	821	53	6!	-3085	742	90!	1434	160	32!	-216	4	1!	359	10	3!	617	30	12!	-135	1	1!
72!V229!	1000	5	19!	835	49	4!	-3148	702	58!	1707	207	28!	-317	7	1!	-642	29	6!	256	5	1!	-95	1	0!
73!V233!	999	8	55!	794	25	6!	-2957	346	83!	719	20	8!	70	0	0!	3464	474	294!	1818	131	105!	-283	3	4!
74!V241!	996	1	3!	699	20	0!	-2534	258	4!	315	4	0!	101	0	0!	3766	570	22!	1871	141	7!	-300	4	0!
75!V242!	940	0	1!	471	36	0!	-1411	326	1!	-711	83	0!	254	11	0!	1550	393	2!	747	91	1!	33	0	0!
76!V246!	606	0	0!	86	1	0!	-260	9	0!	-222	6	0!	-961	119	0!	711	65	0!	314	13	0!	-1740	392	3!
77!V250!	745	0	0!	246	15	0!	-638	101	0!	82	2	0!	-538	72	0!	-967	232	0!	431	46	0!	-1061	278	1!
78!V255!	871	2	5!	-2439	788	16!	-329	14	0!	-51	0	0!	-456	28	1!	85	1	0!	-202	5	0!	-509	34	3!

! ! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000!

!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
!	J1	!	QLT	POID	!	INR!	!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!	4#F	COR	CTR!	5#F	COR	CTR!	6#F	COR	CTR!	7#F	COR	CTR!
1!	FX1!	!	512	16	17!	22	0	0!	459	56	4!	178	8	1!	-1212	389	57!	272	20	4!	-372	37	9!	94	2	1!		
2!	FX2!	!	400	12	17!	149	4	0!	518	53	4!	578	66	8!	1047	218	32!	149	4	1!	-423	35	9!	-308	19	7!		
3!	FX3!	!	854	64	22!	139	16	1!	531	228	21!	529	226	35!	636	327	62!	133	14	3!	-231	43	14!	-8	0	0!		
4!	FX4!	!	878	120	32!	121	15	2!	507	266	37!	459	218	49!	569	335	93!	100	10	4!	-176	32	15!	-39	2	1!		
5!	FX5!	!	699	64	12!	93	13	1!	481	344	17!	254	103	9!	-343	175	18!	125	23	3!	-119	21	4!	113	19	5!		
6!	FX6!	!	685	55	35!	136	8	1!	533	121	19!	589	147	37!	866	319	99!	161	11	4!	-379	61	31!	-209	19	14!		
7!	FX7!	!	947	70	57!	87	3	1!	507	86	21!	231	18	7!	-1395	649	326!	298	30	19!	-293	29	24!	634	134	159!		
8!	FX8!	!	1000	36	228!	-4711	963	924!	-897	35	35!	93	0	1!	145	1	2!	0	0	0!	23	0	0!	116	1	3!		
9!	FX9!	!	979	39	55!	-163	5	1!	224	10	2!	-357	25	10!	-1200	279	134!	47	0	0!	-317	19	15!	-1818	640	727!		
10!	FX10!	!	865	54	39!	181	12	2!	42	1	0!	-978	357	100!	176	12	4!	-638	152	67!	940	330	189!	-50	1	1!		
11!	FX11!	!	940	128	36!	142	20	3!	202	40	6!	-481	226	58!	64	4	1!	-405	160	64!	709	490	255!	19	0	0!		
12!	FX12!	!	1000	42	162!	798	45	31!	-2975	624	440!	1556	171	197!	-321	7	10!	-1457	150	271!	-234	4	9!	-3	0	0!		
13!	FX13!	!	621	60	24!	106	8	1!	438	132	14!	36	1	0!	-726	363	76!	7	0	0!	201	28	10!	360	89	44!		
14!	FX14!	!	1000	28	121!	741	35	18!	-2711	463	244!	398	10	9!	96	1	1!	2553	411	556!	1126	80	141!	-143	1	3!		
15!	FX15!	!	999	86	116!	364	27	13!	-1030	213	107!	-1678	564	466!	350	25	25!	102	2	3!	-894	160	271!	206	8	20!		
16!	FX16!	!	708	101	17!	134	28	2!	465	344	26!	272	117	14!	345	189	29!	-19	1	0!	116	21	5!	67	7	3!		
17!	FX17!	!	424	24	12!	-36	1	0!	313	53	3!	-80	3	0!	-744	299	32!	101	6	1!	-127	9	2!	-315	54	13!		

!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
!	JSUP	!	QLT	POID	!	INR!	!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!	4#F	COR	CTR!	5#F	COR	CTR!	6#F	COR	CTR!	7#F	COR	CTR!	
18!	R1!	!	217	65	47539!	-2831	1895995!	-416	4	134																			

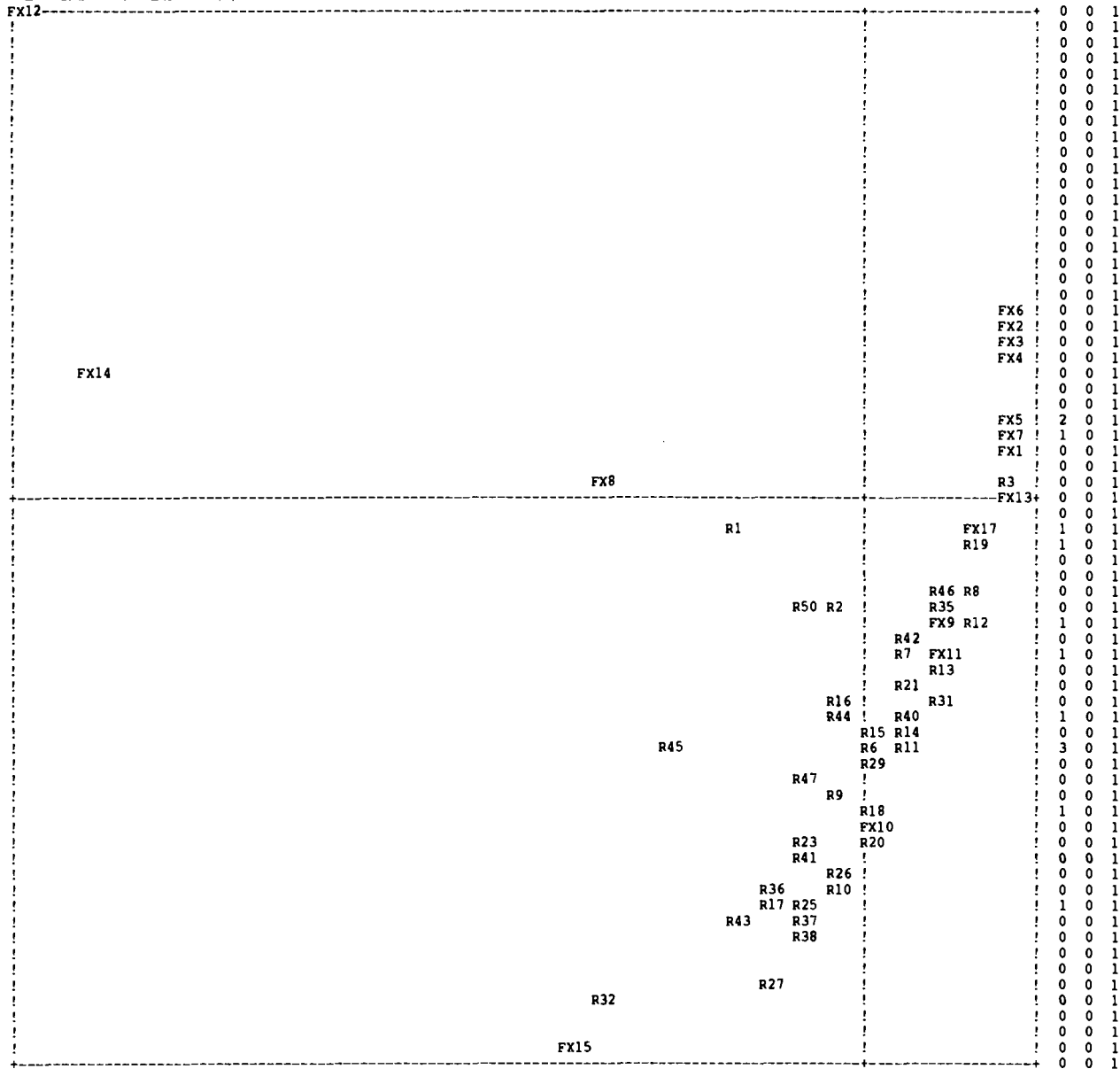
54!R37 !	226	21	107!	31	0	0!	-241	3	1!	-1308	90	69!	-350	6	6!	-141	1	1!	-127	1	1!	-1531	124	276!
55!R38 !	163	159	657!	161	2	5!	-262	5	13!	-1354	121	564!	80	0	2!	-283	5	39!	103	1	7!	-673	30	408!
56!R39 !	167	106	891!	36	0	0!	-204	1	5!	-1265	52	327!	-444	6	50!	-218	2	15!	159	1	11!	-1813	1061	964!
57!R40 !	381	230	511!	-103	1	3!	131	2	5!	-652	52	189!	-476	28	125!	-324	13	74!	333	14	101!	-1489	2722	886!
58!R41 !	146	17065441!	179	3	63!	-258	6	134!	-1109	1054064!	170	2	118!	-296	7	454!	187	3	237!	-477	1921	98!		
59!R42 !	157	8661236!	168	5	28!	174	6	31!	-419	33	294!	409	32	347!	-331	21	289!	511	50	893!	-233	10	267!	
60!R43 !	59	531795!	-327	1	7!	-512	2	16!	-1270	13	166!	-522	2	35!	306	1	15!	-833	6	145!	-2064	341	278!	
61!R44 !	191	566	663!	218	11	31!	-68	1	3!	-639	95	447!	477	53	308!	-296	20	150!	206	10	95!	-76	1	19!
62!R45 !	79	2150****!	326	6	262!	-646	221061!	-773	312484!	497	131272!	-74	0	35!	-365	71131!	45	0	25!					
63!R46 !	41	20359199!	160	2	59!	233	3	130!	-262	4	269!	477	141109!	-253	4	397!	312	6	780!	-373	815	99!		
64!R47 !	24	667799!	-110	0	1!	-258	0	5!	-872	2	97!	-903	2	128!	-356	0	25!	-93	0	2!	-2982	2033	09!	
65!R48 !	566	101	172!	-87	1	1!	-3	0	0!	-944	141	174!	-556	49	74!	-341	18	36!	258	11	27!	-1476	3451	239!
66!R49 !	324	89	712!	-88	0	1!	177	1	3!	-652	14	73!	-1157	45	283!	-177	1	8!	-17	0	0!	-2785	2623	884!
67!R50 !	110	591317!	-1749	37	207!	-205	1	3!	-332	1	13!	-959	11	130!	85	0	1!	-489	3	56!	-2148	5615	41!	
68!R51 !	596	2791246!	-326	6	34!	151	1	7!	-485	14	127!	-1324	1071171!	27	0	1!	-412	10	187!	-2737	457****!			
! !	80551!	8538!	3361!	18819!	33161!	4194!	14874!	140057!																





LAXE HORIZONTAL( 2)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE:51 regions dans les structures invariantes (1986)

NOMBRE DE POINTS : 68  
 ==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =0.117 1 LIGNE =0.049



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 13

FX16(FX5 ) R5 (FX5 ) R34 (FX7 ) R4 (FX17) R33 (R19 ) R28 (FX9 ) R51 (R7 ) R49 (R40 ) R22 (R6 ) R24 (R11 )  
 R30 (R6 ) R48 (R18 ) R39 (R25 )



A D D A D - 89 -
ANALYSE DES CORRESPONDANCES (AN CORR)
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET

Annexe 16

INS. 1 - TITRE :

51 regions dans les structures invariantes (1989)

INS. 2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI,NJ,NF,NI2,NJ2,LECIJ,STFI,STFJ
68 68 7 0 51 3 1 1

INS. 3 - OPTIONS : IOUT,IMPVP,IMPFI,IMPFF,NGR
0 0 3 3 8

INS. 4 - ORGAN (ORGANISATION DES NJ VARIABLES, 1=ACTIVE, 0=SUPPLEMENTAIRE) :
111111111111111100

INS. 5 - GRAPHE (NGR DEMANDES DE GRAPHIQUES) : X,Y,GI,GJ,NCHAR,OPT,NPAGE,CADRE
1 2114310 1 3114310 1 4114310 1 5114310 2 3114310 2 4114310 2 5114310 3 4114310

INS. 6 - LISTE (LECTURE DU TABLEAU DES DONNEES - A,F) :
FX1 FX2 FX3 FX4 FX5 FX6 FX7 FX8 FX9 FX10 FX11 FX12 FX13 FX14 FX15 FX16 FX17 R1 R2 R3
R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20 R21 R22 R23
R24 R25 R26 R27 R28 R29 R30 R31 R32 R33 R34 R35 R36 R37 R38 R39 R40 R41 R42 R43
R44 R45 R46 R47 R48 R49 R50 R51

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -2

Table with columns NOMJ(J)!, FX1-FX17, R1-R2 and values for PJ(J)!

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -2

Table with columns NOMJ(J)!, R3-R21 and values for PJ(J)!

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -2

Table with columns NOMJ(J)!, R22-R40 and values for PJ(J)!

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -2

Table with columns NOMJ(J)!, R41-R51 and values for PJ(J)!

1 LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.00000

Table with columns !NUM!, VAL PROPRE!, POURC.!, CUMUL !VARIAT.!! and HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES

Table with columns ! I1!, QLT POID INR!, 1#F, COR CTR!, 2#F, COR CTR!, 3#F, COR CTR!, 4#F, COR CTR!, 5#F, COR CTR!, 6#F, COR CTR!, 7#F, COR CTR!

35!W122!	389	1	2!	-40	0	0!	388	29	0!	13	0	0!	-49	0	0!	-1047	209	4!	-259	13	0!	-849	137	5!
36!W123!	774	16	17!	30	0	0!	437	44	4!	364	31	4!	0	0	0!	-1361	429	74!	-1068	264	75!	173	7	3!
37!W128!	1000	5	14!	-1087	109	7!	-2677	661	44!	304	9	1!	1546	220	27!	-60	0	0!	-32	0	0!	78	1	0!
38!W132!	994	5	8!	-821	103	4!	-1901	554	19!	-336	17	1!	-1285	253	16!	222	8	1!	-353	19	2!	503	39	6!
39!W133!	947	1	2!	-558	47	0!	-1135	196	2!	-1395	296	4!	-788	94	2!	422	27	1!	-799	97	3!	1116	189	9!
40!W136!	948	1	1!	-331	15	0!	-463	29	0!	-2079	579	5!	-212	6	0!	471	30	0!	-889	106	2!	1175	185	5!
41!W137!	974	7	5!	-299	29	1!	-356	42	1!	-1562	800	27!	-204	14	1!	263	23	1!	-283	26	2!	351	40	4!
42!W141!	943	8	4!	-205	21	0!	-103	5	0!	-1354	893	23!	-165	13	0!	44	1	0!	-90	4	0!	-113	6	1!
43!W145!	730	2	2!	-157	7	0!	-228	14	0!	-1508	610	6!	-177	8	0!	34	0	0!	-523	73	2!	260	18	1!
44!W146!	607	5	3!	-165	12	0!	-45	1	0!	-1113	531	11!	-123	6	0!	-119	6	0!	-100	4	0!	-330	47	3!
45!W150!	400	3	2!	271	35	0!	10	0	0!	-601	172	2!	-97	4	0!	-336	54	1!	-157	12	0!	-509	123	4!
46!W154!	428	2	1!	253	17	0!	240	15	0!	-22	0	0!	-46	1	0!	-959	244	4!	-242	15	0!	-715	135	4!
47!W155!	644	7	7!	33	0	0!	384	34	1!	174	7	0!	-25	0	0!	-1292	387	28!	-962	215	25!	66	1	0!
48!W159!	568	12	23!	80	1	0!	403	20	2!	317	12	2!	-8	0	0!	-1518	285	67!	-1399	242	92!	263	9	4!
49!W160!	1000	5	21!	-1239	90	9!	-3122	572	56!	796	37	5!	2234	293	52!	-202	2	1!	188	2	1!	-220	3	1!
50!W164!	1000	4	17!	-1203	76	6!	-3025	480	37!	1091	62	7!	-2698	382	54!	25	0	0!	-5	0	0!	20	0	0!
51!W169!	786	1	1!	-433	69	0!	-749	207	1!	-1153	490	2!	53	1	0!	159	9	0!	-102	4	0!	122	5	0!
52!W173!	652	1	1!	-219	17	0!	-109	4	0!	-1247	560	3!	-102	4	0!	61	1	0!	112	5	0!	-412	61	1!
53!W186!	995	1	4!	4555	899	16!	-1476	94	2!	33	0	0!	7	0	0!	126	1	0!	100	0	0!	-49	0	0!
54!W187!	839	1	0!	1183	631	1!	-348	54	0!	-563	143	0!	-79	3	0!	62	2	0!	117	6	0!	-26	0	0!
55!W191!	533	5	8!	1529	374	13!	-252	10	0!	56	1	0!	-24	0	0!	-779	97	7!	-562	51	6!	20	0	0!
56!W192!	1000	4	19!	-1230	87	8!	-3095	549	49!	750	32	4!	2378	324	52!	-201	2	0!	180	2	1!	-208	2	1!
57!W196!	1000	4	20!	-1296	80	7!	-3299	518	49!	1415	95	13!	-2530	305	53!	-52	0	0!	123	1	0!	-155	1	0!
58!W205!	796	0	0!	-194	12	0!	-25	0	0!	-1355	591	0!	-193	12	0!	84	2	0!	418	56	0!	-616	122	0!
59!W209!	608	0	0!	-111	2	0!	206	8	0!	-793	115	0!	-153	4	0!	-422	32	0!	562	58	0!	-1462	390	2!
60!W214!	977	0	1!	2947	842	3!	-1042	105	0!	-514	26	0!	-62	0	0!	177	3	0!	86	1	0!	-38	0	0!
61!W218!	996	1	4!	4529	901	15!	-1451	93	2!	83	0	0!	14	0	0!	158	1	0!	115	1	0!	-46	0	0!
62!W219!	995	1	2!	3118	842	6!	-1149	114	1!	-521	24	0!	-50	0	0!	278	7	0!	-104	1	0!	294	7	0!
63!W223!	999	11	53!	4244	907	220!	-1346	91	23!	63	0	0!	9	0	0!	55	0	0!	13	0	0!	9	0	0!
64!W224!	999	11	61!	-1240	69	19!	-3120	438	124!	718	23	10!	3199	461	239!	-243	3	2!	222	2	2!	-262	3	4!
65!W228!	999	5	17!	-1279	119	9!	-3242	763	60!	1180	101	12!	-367	10	1!	-132	1	0!	181	2	1!	-225	4	1!
66!W229!	1000	15	99!	-1331	64	29!	-3401	420	193!	1604	93	62!	-3400	420	353!	-37	0	0!	132	1	1!	-171	1	2!
67!W233!	996	1	2!	-1037	85	1!	-2539	512	5!	500	20	0!	-2163	372	6!	103	1	0!	-163	2	0!	235	4	0!
68!W255!	999	23	144!	4754	902	593!	-1545	95	64!	74	0	0!	14	0	0!	148	1	1!	74	0	1!	3	0	0!

! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000!

1-

! J!	Q!T	P!O!D	I!N!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!
1!FX1!	634	16	29!	79	1	0!	409	23	3!	343	16	3!	-5	0	0!	-1546	324	95!	-1393	263	125!	241	8	5!
2!FX2!	605	15	28!	-100	1	0!	460	27	4!	499	31	6!	86	1	0!	1478	276	79!	-1013	129	60!	-1050	139	84!
3!FX3!	767	67	24!	-74	4	0!	514	180	20!	625	266	44!	87	5	1!	626	267	65!	-15	0	0!	257	45	23!
4!FX4!	911	124	20!	-60	5	0!	473	337	32!	452	307	42!	51	4	1!	280	118	24!	187	53	17!	241	87	38!
5!FX5!	865	64	24!	-6	0	0!	460	138	15!	423	117	19!	21	0	0!	-806	424	102!	-467	143	56!	255	43	22!
6!FX6!	940	59	45!	-84	2	0!	519	71	18!	710	134	50!	123	4	2!	1389	511	284!	-770	157	142!	-479	61	71!
7!FX7!	641	70	47!	-39	1	0!	459	78	17!	324	39	12!	-5	0	0!	-1108	451	212!	-371	51	39!	-251	23	23!
8!FX8!	1000	36	210!	4649	904	867!	-1506	95	93!	66	0	0!	12	0	0!	124	1	1!	55	0	0!	2	0	0!
9!FX9!	532	38	22!	-69	2	0!	271	32	3!	-363	57	8!	-81	3	1!	-624	168	36!	-27	0	0!	-793	271	124!
10!FX10!	773	53	34!	-201	15	2!	-42	1	0!	-1289	636	147!	-167	11	3!	168	11	4!	334	43	24!	-387	57	42!
11!FX11!	893	125	38!	-123	12	2!	154	19	3!	-740	440	114!	-118	11	4!	-90	6	3!	433	151	95!	-562	254	207!
12!FX12!	1000	41	158!	-1166	87	63!	-2906	540	397!	536	18	20!	2345	352	472!	-158	2	3!	112	1	2!	-116	1	3!
13!FX13!	779	59	17!	-74	5	0!	437	167	13!	212	39	4!	-1	0	0!	-131	15	3!	758	502	137!	243	51	18!
14!FX14!	1000	27	154!	-1271	71	50!	-3224	456	326!	1348	80	83!	-2994	393	513!	-6	0	0!	60	0	0!	-70	0	1!
15!FX15!	978	83	94!	-344	26	11!	-535	63	27!	-1739	662	419!	-148	5	4!	370	30	28!	-593	77	118!	726	115	229!
16!FX16!	882	101	26!	-72	5	1!	475	214	26!	403	154	27!	34	1	0!	16	0	0!	572	311	134!	456	197	110!
17!FX17!	544	23	19!	271	22	2!	277	23	2!	140	6	1!	-23	0	0!	-1059	333	63!	-734	160	49!	34	0	0!

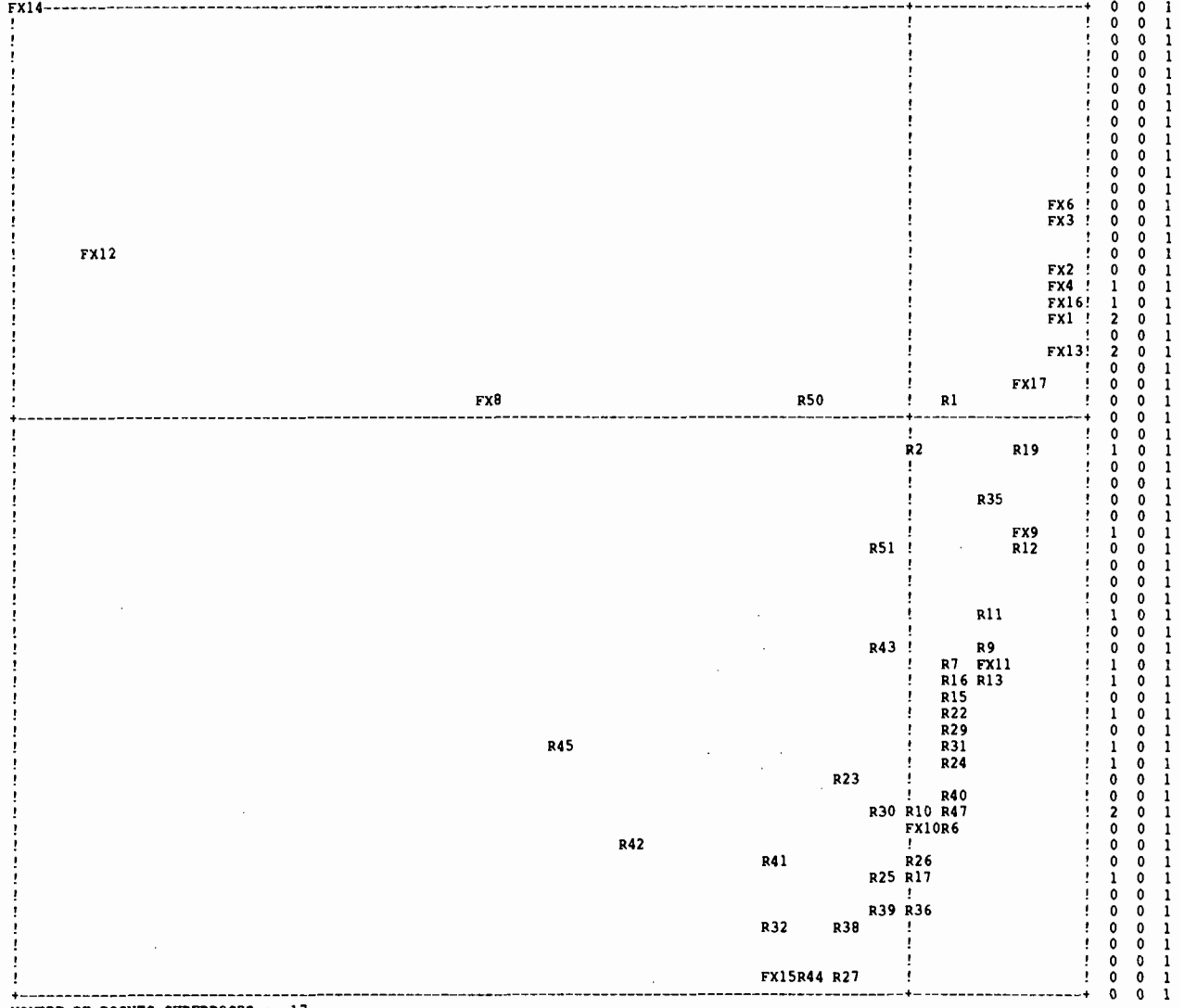
! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000!

1-

!JSUP!	Q!T	P!O!D	I!N!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!	!#F	C!O!R	C!T!R!
18!R1!	154	634	474!	747	18	398!	84	0	5!	91	0	9!	-42	0	2!	-1534	783697!	-1286	554230!	-295	3	288!		
19!R2!	156	497	271!	1033	48	597!	-82	0	4!	-77	0	5!	-56	0	3!	-1177	631708!	-885	351573!	-461	10	552!		
20!R3!	653	196	12135!	-4	0	0!	424	41	403!	230	12	173!	-26	0	3!	-1404	4469574!	-666	1003506!	-487	542427!			
21!R4!	538	318	764!	65	0	2!	402	17	59!	234	6	29!	-32	0	1!	-1807	3352576!	-1244	1591987!	-450	21	338!		
22!R5!	571	291	101!	-54	2	1!	471	158	74!	374	100	68!	14	0	0!	-602	257261!	192	26	43!	199	28	60!	
23!R6!	209	65	234!	-99	1	1!	28	0	0!	-1266	110	173!	-196	3	5!	-191	2	6!	205	3	11!	-1148	90	447!
24!R7!	256	251	304!	56	1	1!	64	1	0!	-779	123	253!	-132	4	9!	-145	4	13!	28	0	1!	-777	123	792!
25!R8!	580	164	801!	-63	2	7!	293	43	162!	-328	54	294!	-84	4	24!	-436	96774!	276	39	505!	-823	3425817!		
26!R9!	228	196	508!	-24	0	0!	158	2	6!	-697	46	159!	-172	2	8!	-717	49250!	-89	1	6!	-1156	1271373!		
27!R10!	155	48	189!	-30	0	0!	3	0	0!	-1229	90	121!	-190	2	4!	-260	4	8!	62	0	1!	-994	59	248!
28!R11!	357	355	708!	-96	1	4!	253	8	26!	-580	42	199!	-128	2	12!	-708								

63!R46 !	58	1869****!	-191	1	76!	50	0	5!-1031	193309!	-146	0	84!	590	61612!	-144	0	155!-1295	31****!					
64!R47 !	39	64 857!	-87	0	1!	22	0	0!-1205	27 156!	-186	1	5!	-216	1	7!	-106	0	3!-735	10 182!				
65!R48 !	559	98 88!	-21	0	0!	101	3	1!-916	231 137!	-155	7	5!	-239	16	14!	337	31	45!-993	271 504!				
66!R49 !	181	87 287!	-167	2	3!	54	0	0!-1203	108 210!	-170	2	5!	108	1	3!	431	14	65!-848	54 328!				
67!R50 !	246	58 307!	1837	158	220!	-359	6	9!	86	0	1!	-25	0	0!-1013	48 148!	-837	33	164!	-164	1	8!		
68!R51 !	72	2481796!	1005	34	281!	-177	1	9!	-417	6	72!	-91	0	4!	-621	13	237!	-286	3	82!	-643	14	536!
!	!	70987!		3128!			6185!		29861!		1851!		25159!		18360!		50729!						

AXE HORIZONTAL ( 2)--AXE VERTICAL( 3)--TITRE:51 regions dans les structures invariantes (1989)  
 NOMBRE DE POINTS : 68 --ECHELLE : 4 CARACTERE(S) =-0.125 1 LIGNE =-0.052



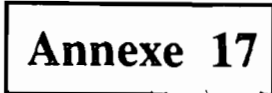
NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 17  
 FX5 (FX4 ) R5 (FX16) FX7 (FX1 ) R34 (FX1 ) R3 (FX13) R4 (FX13) R33 (R19 ) R8 (FX9 )  
 R28 (R11 ) R14 (FX11) R21 (R16 ) R48 (R22 ) R46 (R31 ) R37 (R24 ) R18 (R10 ) R49 (R47 ) R20 (R17 )











A D D A D - 89 -

ANALYSE DES CORRESPONDANCES (AN CORR)  
D'APRES : YAGOLWITZER ET TABET

INS. 1 - TITRE :

Representation des regions par les zones

avec Z1-ZR8 Z2-ZR8 Z3-ZR1 Z4-ZR3 Z5-ZR13 Z6-ZR11 Z7-ZR12 Z8-ZR18 Z9-ZR8 Z10-ZR18 Z11-ZR8 Z12-ZR36 Z13-ZR20 Z14-ZR31  
Z15-ZR30 Z16-ZR6 Z17-ZR7 Z18-ZR12 Z19-ZR34 Z20-ZR32 Z21-ZR28 Z22-ZR26 Z23-ZR29 Z24-ZR23 Z25-ZR33 Z26-ZR1

INS. 2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI, NJ, NF, N12, NJ2, LECIJ, STFI, STFJ  
67 69 7 0 26 3 3 1

INS. 3 - OPTIONS : IOUT, IMPVP, IMPFI, IMPFJ, NGR  
0 0 3 3 6

INS. 4 - ORGAN (ORGANISATION DES NJ VARIABLES, 1=ACTIVE, 0=SUPPLEMENTAIRE) :  
11000000000000000000000

INS. 5 - GRAPHE (NGR DEMANDES DE GRAPHIQUES) : X, Y, GI, GJ, NCHAR, OPT, NPAGE, CADRE  
1 2034310 1 3034310 1 4034310 2 3034310 2 4034310 3 4034310

INS. 6 - LISTE (LECTURE DU TABLEAU DES DONNEES - A, F) :  
R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20  
R21 R22 R23 R24 R25 R26 R27 R28 R29 R30 R31 R32 R33 R34 R35 R36 R37 R38 R39 R43  
R48 R50 R51 ZR8 ZR8 ZR1 ZR3 ZR13 ZR12 ZR18 ZR8 ZR18 ZR8 ZR36 ZR20 ZR31  
ZR12 ZR34 ZR32 ZR28 ZR26 ZR29 ZR23 ZR32 R1

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

NOMJ(J)!	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	F12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19		
PJ(J)	!	25	21	77	13	11	3	10	65	8	2	14	18	6	2	7	7	3	24	16	514

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

NOMJ(J)!	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	
PJ(J)	!	4	7	8	11	1	4	8	4	4	17	9	22	20	12	13	3	1	6	514

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

NOMJ(J)!	R39	R43	R48	R50	R51	ZR8	ZR8	ZR1	ZR3	ZR13	ZR11	ZR12	ZR18	ZR8	ZR18	ZR8	ZR36	ZR20	ZR31	
PJ(J)	!	4	2	4	2	11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	514

LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 \*\* -3

NOMJ(J)!	ZR30	ZR6	ZR7	ZR12	ZR34	ZR32	ZR28	ZR26	ZR29	ZR23	ZR33	ZR1	
PJ(J)	!	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	514

1 LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 1.00000

!NUM	!	VAL PROPRE	!	POURC.	!	CUMUL	!	VARIAT.	!*	HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES	
!	2	!	0.71035	!	29.971	!	29.971	!	*****	!	.....
!	3	!	0.49269	!	20.787	!	50.758	!	9.183	!	*****
!	4	!	0.33183	!	14.000	!	64.758	!	6.787	!	*****
!	5	!	0.27918	!	11.779	!	76.537	!	2.221	!	*****
!	6	!	0.12339	!	5.206	!	81.743	!	6.573	!	*****
!	7	!	0.10548	!	4.450	!	86.193	!	0.756	!	*****
!	8	!	0.09141	!	3.856	!	90.050	!	0.594	!	*****
!	9	!	0.05331	!	2.249	!	92.299	!	1.607	!	*****
!	10	!	0.04313	!	1.820	!	94.119	!	0.429	!	*****
!	11	!	0.02925	!	1.234	!	95.353	!	0.586	!	*****
!	12	!	0.02363	!	0.997	!	96.350	!	0.237	!	*****
!	13	!	0.01578	!	0.666	!	97.016	!	0.331	!	*****
!	14	!	0.01237	!	0.522	!	97.538	!	0.144	!	*****
!	15	!	0.01074	!	0.453	!	97.991	!	0.069	!	*****
!	16	!	0.00811	!	0.342	!	98.333	!	0.111	!	*****
!	17	!	0.00597	!	0.252	!	98.585	!	0.090	!	*****
!	18	!	0.00564	!	0.238	!	98.822	!	0.014	!	*****
!	19	!	0.00506	!	0.214	!	99.036	!	0.024	!	*****
!	20	!	0.00430	!	0.181	!	99.217	!	0.032	!	*****
!	21	!	0.00381	!	0.161	!	99.378	!	0.020	!	*****
!	22	!	0.00273	!	0.115	!	99.493	!	0.046	!	*****
!	23	!	0.00247	!	0.104	!	99.598	!	0.011	!	*****
!	24	!	0.00169	!	0.071	!	99.669	!	0.033	!	*****
!	25	!	0.00146	!	0.062	!	99.731	!	0.010	!	*****
!	26	!	0.00110	!	0.046	!	99.777	!	0.015	!	*****
!	27	!	0.00099	!	0.042	!	99.818	!	0.005	!	*****
!	28	!	0.00088	!	0.037	!	99.855	!	0.005	!	*****
!	29	!	0.00066	!	0.028	!	99.883	!	0.009	!	*****
!	30	!	0.00057	!	0.024	!	99.907	!	0.004	!	*****
!	31	!	0.00049	!	0.021	!	99.928	!	0.003	!	*****
!	32	!	0.00041	!	0.017	!	99.945	!	0.003	!	*****
!	33	!	0.00030	!	0.013	!	99.958	!	0.005	!	*****
!	34	!	0.00028	!	0.012	!	99.969	!	0.001	!	*****
!	35	!	0.00021	!	0.009	!	99.978	!	0.003	!	*****
!	36	!	0.00016	!	0.007	!	99.985	!	0.002	!	*****
!	37	!	0.00011	!	0.005	!	99.990	!	0.002	!	*****
!	38	!	0.00008	!	0.003	!	99.993	!	0.002	!	*****
!	39	!	0.00006	!	0.003	!	99.996	!	0.001	!	*****
!	40	!	0.00003	!	0.001	!	99.997	!	0.001	!	*****
!	41	!	0.00003	!	0.001	!	99.999	!	0.000	!	*****
!	42	!	0.00002	!	0.001	!	99.999	!	0.000	!	*****
!	43	!	0.00002	!	0.001	!	100.000	!	0.000	!	*****

!	I1	!	QLT POID	!	INR	!	10F	!	COR CTR	!	20F	!	COR CTR	!	30F	!	COR CTR	!	40F	!	COR CTR	!	50F	!	COR CTR	!	60F	!	COR CTR	!	70F	!	COR CTR	!																
!	1	!	V0	!	81	!	0	!	-554	!	17	!	0	!	-316	!	5	!	0	!	-902	!	44	!	0	!	-29	!	0	!	480	!	12	!	0	!	170	!	2	!	0	!	-115	!	1	!	0	!		
!	2	!	V32	!	149	!	0	!	-620	!	8	!	0	!	-1187	!	28	!	0	!	377	!	3	!	0	!	-282	!	2	!	0	!	-282	!	2	!	0	!	1082	!	24	!	1	!	2032	!	83	!	3	!

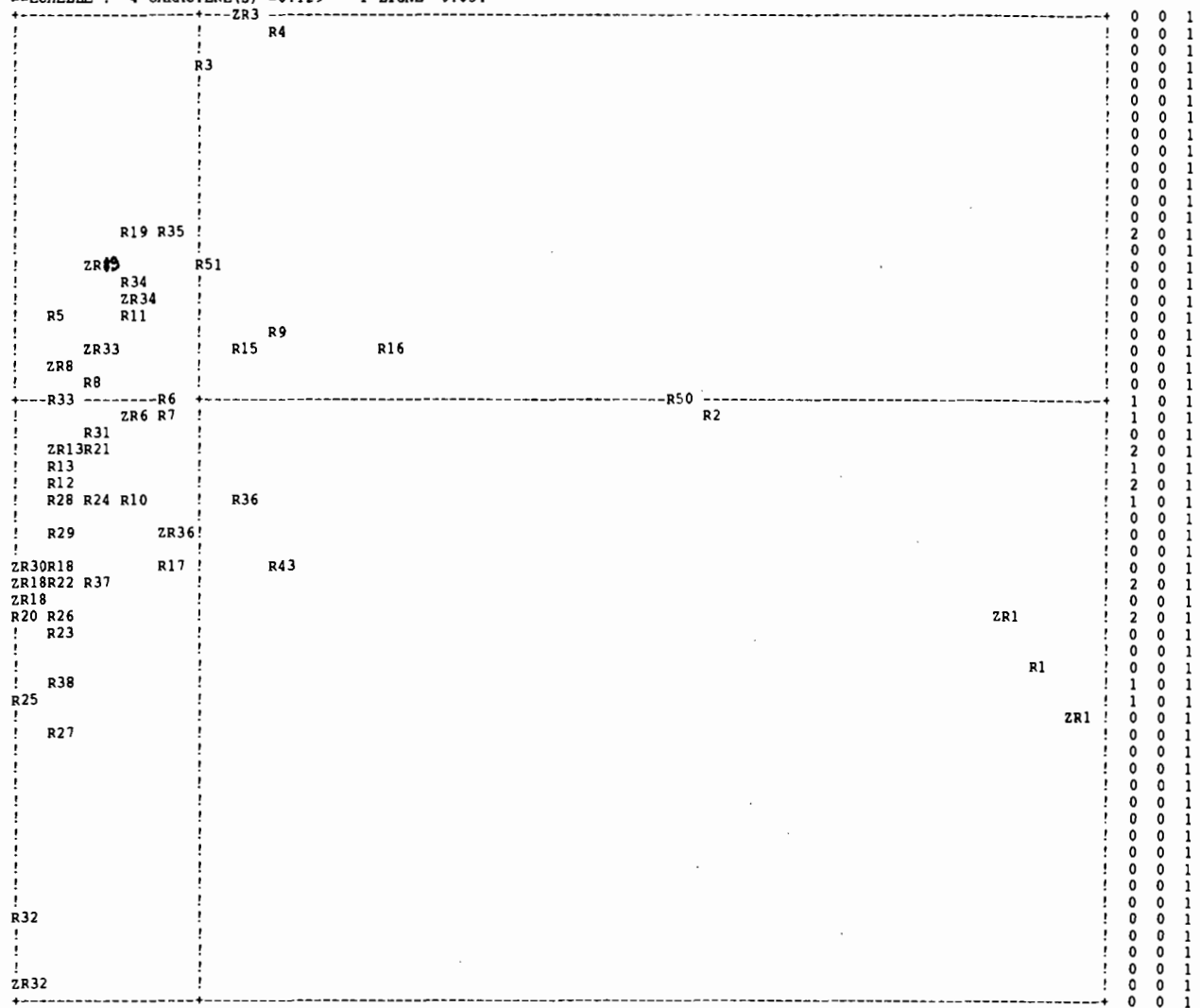
! J1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!	4#F	COR	CTR!	5#F	COR	CTR!	6#F	COR	CTR!	7#F	COR	CTR!
1!R1 !	998	49	218!	2978	848	616!	-842	68	71!	-665	42	66!	186	3	6!	-589	33	138!	192	4	17!	-51	0	1!
2!R2 !	971	40	80!	1793	685	182!	-30	0	0!	348	26	15!	-98	2	1!	1029	226	346!	-364	28	51!	137	4	8!
3!R3 !	992	150	101!	53	2	1!	1083	737	358!	211	28	20!	546	187	160!	-91	5	10!	207	27	61!	92	5	14!
4!R4 !	831	24	30!	288	28	3!	1200	488	72!	501	85	19!	644	140	36!	110	4	2!	135	6	4!	483	79	62!
5!R5 !	759	22	16!	-408	97	5!	260	39	3!	-795	367	42!	57	2	0!	240	33	10!	329	63	23!	-520	157	66!
6!R6 !	640	5	9!	-91	2	0!	34	0	0!	558	78	5!	-877	192	14!	-686	117	20!	-995	247	48!	125	4	1!
7!R7 !	413	20	3!	-116	34	0!	-36	3	0!	-68	12	0!	-240	145	4!	-173	75	5!	-237	141	11!	-34	3	0!
8!R8 !	899	127	36!	-404	244	29!	42	3	0!	-583	509	130!	-184	51	15!	50	4	3!	-72	8	6!	-232	80	74!
9!R9 !	765	16	24!	312	26	2!	204	11	1!	1216	401	69!	-973	257	53!	338	31	14!	95	2	1!	-361	35	22!
10!R10 !	878	4	5!	-233	16	0!	-309	28	1!	954	272	10!	-1151	396	18!	-531	84	9!	521	81	10!	-2	0	0!
11!R11 !	920	27	28!	-162	11	1!	298	37	5!	631	165	33!	-664	183	43!	-854	302	161!	-733	222	139!	58	1	1!
12!R12 !	781	35	18!	-510	216	13!	-236	46	4!	-718	427	54!	-265	58	9!	194	31	11!	2	0	0!	-48	2	1!
13!R13 !	819	13	5!	-484	264	4!	-215	52	1!	-571	367	12!	-330	122	5!	41	2	0!	-103	12	1!	2	0	0!
14!R14 !	713	4	2!	-416	175	1!	-211	45	0!	-233	55	1!	-605	372	5!	-191	37	1!	-167	28	1!	-30	1	0!
15!R15 !	925	14	8!	191	29	1!	188	28	1!	815	522	28!	-655	337	21!	-49	2	0!	-92	7	1!	-51	2	0!
16!R16 !	897	15	19!	627	128	8!	201	13	1!	993	321	43!	-705	162	26!	794	205	74!	-458	68	29!	-50	1	0!
17!R17 !	865	5	20!	-54	0	0!	-534	30	3!	1563	257	37!	-1656	288	49!	-183	4	1!	1621	276	123!	-310	10	5!
18!R18 !	803	46	20!	-506	257	17!	-549	302	28!	-231	53	7!	-172	30	5!	-3	0	0!	120	10	4!	388	151	76!
19!R19 !	587	32	13!	-161	26	1!	531	286	18!	-120	15	1!	-66	4	0!	-223	50	13!	-221	49	15!	-393	157	54!
20!R20 !	787	9	5!	-556	239	4!	-673	351	8!	-263	53	2!	24	0	0!	107	9	1!	-36	1	0!	415	133	16!
21!R21 !	764	13	2!	-313	330	2!	-155	80	1!	-254	217	3!	-159	86	1!	-24	2	0!	-33	4	0!	117	46	2!
22!R22 !	842	16	6!	-524	286	6!	-577	347	11!	-316	104	5!	106	12	1!	172	31	4!	83	7	1!	228	54	9!
23!R23 !	836	21	10!	-413	149	5!	-757	501	24!	266	62	4!	34	1	0!	-14	0	0!	246	53	12!	282	69	18!
24!R24 !	586	2	1!	-329	187	0!	-309	165	0!	-138	33	0!	-295	150	1!	91	14	0!	82	12	0!	121	25	0!
25!R25 !	773	7	6!	-549	147	3!	-951	443	13!	160	12	1!	-159	47	2!	86	4	0!	12	0	0!	495	120	19!
26!R26 !	879	16	7!	-473	211	5!	-669	423	14!	136	18	1!	-170	27	2!	-140	18	3!	12	0	0!	437	181	33!
27!R27 !	826	8	2!	-507	100	3!	-1041	422	17!	584	133	8!	77	2	0!	-167	11	2!	147	8	2!	620	150	33!
28!R28 !	825	7	2!	-496	289	2!	-304	109	1!	-556	363	6!	-30	1	0!	226	60	3!	23	1	0!	37	2	0!
29!R29 !	922	8	2!	-436	353	2!	-441	362	3!	-98	18	0!	-115	25	0!	-16	0	0!	-34	2	0!	295	161	8!
30!R30 !	616	34	32!	-571	146	15!	-687	211	32!	-355	56	13!	203	18	5!	288	37	23!	-10	0	0!	575	148	122!
31!R31 !	901	17	2!	-380	422	3!	-110	35	0!	-244	173	3!	-177	91	2!	-81	19	1!	-208	127	7!	108	34	2!
32!R32 !	998	43	127!	-639	59	25!	-1665	401	244!	1101	175	158!	1476	315	338!	-27	0	0!	-130	5	13!	-548	43	142!
33!R33 !	946	39	12!	-429	250	10!	14	0	0!	-655	584	50!	-96	12	1!	166	38	9!	36	2	0!	-210	60	19!
34!R34 !	512	23	16!	-240	35	2!	376	85	7!	-555	185	21!	-178	19	3!	210	27	8!	337	68	25!	-393	93	39!
35!R35 !	832	24	9!	-113	15	0!	572	383	16!	209	51	3!	-115	16	1!	-401	188	32!	-332	171	34!	-80	7	2!
36!R36 !	859	7	22!	123	2	0!	-327	14	1!	1596	323	51!	-1758	392	73!	-52	0	0!	896	102	50!	-455	26	15!
37!R37 !	555	2	2!	-358	37	0!	-599	104	1!	660	127	2!	-769	172	3!	-442	57	2!	296	25	1!	333	32	2!
38!R38 !	698	12	15!	-519	92	5!	-877	262	19!	338	39	4!	-280	27	3!	-179	11	3!	447	68	23!	766	200	77!
39!R39 !	784	8	11!	-384	44	2!	-600	108	6!	716	153	12!	-993	295	28!	-562	94	20!	486	71	18!	253	19	6!
40!R40 !	835	4	25!	333	8	1!	-530	19	2!	1809	225	40!	-1678	194	41!	516	18	9!	2131	313	177!	-915	58	38!
41!R41 !	772	8	2!	-233	80	1!	-313	144	2!	223	73	1!	-408	245	5!	-228	77	3!	-156	41	2!	276	112	6!
42!R42 !	879	4	11!	1752	529	19!	-4	0	0!	379	25	2!	-190	6	1!	1206	250	53!	-636	70	17!	21	0	0!
43!R43 !	849	21	11!	48	2	0!	445	157	8!	500	198	16!	-453	163	15!	-187	28	6!	-601	286	72!	-141	16	5!

! ! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000! 1000!

! JSUP !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!	4#F	COR	CTR!	5#F	COR	CTR!	6#F	COR	CTR!	7#F	COR	CTR!
44!ZR8 !	681	8	4!	-422	163	2!	102	10	0!	-644	378	10!	-190	33	1!	23	0	0!	-117	13	1!	-304	85	8!
45!ZR5 !	875	8	4!	-102	9	0!	528	240	5!	348	104	3!	-245	52	2!	-542	253	19!	-501	216	19!	-38	1	0!
46!ZR1 !	790	8	63!	3201	545	115!	-1008	54	16!	-1011	54	25!	357	7	4!	-1477	116	141!	512	14	20!	-89	0	1!
47!ZR3 !	913	8	9!	183	12	0!	1275	583	26!	510	93	6!	658	156	12!	-22	0	0!	147	8	2!	413	61	15!
48!ZR13 !	850	8	3!	-471	247	2!	-138	21	0!	-632	444	10!	-311	107	3!	76	6	0!	-111	14	1!	-97	10	1!
49!ZR11 !	897	8	9!	-71	2	0!	529	109	5!	743	216	13!	-554	120	9!	-809	256	42!	-704	194	37!	18	0	0!
50!ZR12 !	752	8	5!	-528	176	3!	-248	39	1!	-832	438	17!	-180	20	1!	329	68	7!	103	7	1!	-77	4	1!
51!ZR18 !	676	8	5!	-536	204	3!	-589	247	6!	-250	44	1!	-192	26	1!	-20	0	0!	78	4	0!	459	150	18!
52!ZR4 !	571	8	4!	-293	67	1!	462	168	3!	-383	115	4!	-45	2	0!	-191	29	2!	-135	14	1!	-474	177	20!
53!ZR18 !	844	8	4!	-541	268	3!	-605	336	6!	-262	63	2!	-65	4	0!	47	2	0!	96	9	1!	422	163	16!
54!ZR8 !	685	8	3!	-413	188	2!	34	1	0!	-608	408	9!	-203	45	1!	31	1	0!	-73	6	0!	-179	35	3!
55!ZR36 !	852	8	13!	-53	1	0!	-412	43	3!	1176	354	33!	-1247	399	44!	-224	13	3!	402	41	12!	-7	0	0!

AXE HORIZONTAL( 1)--AXE VERTICAL( 2)--TITRE: Representation des regions par les zones

NOMBRE DE POINTS : 69  
Echelle : 4 CARACTERE(S) =0.129 1 LIGNE =0.054



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 16

ZR5 (R35 ) ZR11 (R35 ) ZR8 (R33 ) ZR7 (ZR6 ) ZR31 (ZR13) ZR28 (ZR13) R14 (R13 ) ZR12 (R12 ) ZR12 (R12 ) R48 (R10 )  
R39 (R37 ) ZR23 (R37 ) R30 (R20 ) ZR26 (R26 ) ZR29 (R38 ) ZR20 (R25 )

