

# Changer d'échelle: une méthode pour l'analyse des systèmes d'échelles

Marie Piron

Université de Paris VI, Orstom

**RÉSUMÉ.**— L'analyse de données spatialement agrégées pose souvent des problèmes méthodologiques dus essentiellement à l'effet de l'agrégation. Si l'on dispose d'un système d'échelles, c'est-à-dire d'un ensemble de niveaux d'analyse emboîtés, on peut envisager non seulement le traitement de données agrégées suivant les différents niveaux d'analyse mais aussi l'étude des transformations de l'information lors du changement d'échelle.

L'analyse statistique d'un système d'échelles, que nous proposons dans cet article, est basée sur l'analyse descriptive multivariée et constitue une méthode spatiale exploratoire. Elle contribue à mettre en évidence l'organisation d'un espace en examinant à la fois les différenciations entre les unités spatiales qui constituent le niveau d'analyse considéré et les différenciations à l'intérieur de ces unités spatiales.

AGRÉGATION SPATIALE, ANALYSE MULTIVARIÉE, BURKINA, CHANGEMENT D'ÉCHELLES, MÉTHODOLOGIE, NIVEAU D'ANALYSE

**ABSTRACT.**— **Changing scales: a method for analysing scale systems.**— The analysis of spatially aggregated data poses methodological problems due mainly to the effects of aggregation. If one has at one's disposal a system of scales, i.e. a nested set of levels of analysis, it is not only possible to process data but also to examine the extent to which information content changes at alternative scales.

The statistical analysis of a system of scales proposed here provides a method of spatial data exploration based on descriptive multivariate analysis and a means of understanding the way space is organised by investigating differences between the spatial units at a selected level of analysis and, at the same time, their internal spatial variation.

BURKINA, CHANGE OF SCALE, CORRESPONDENCES, LEVEL OF ANALYSIS, METHODOLOGY, MULTIVARIATE ANALYSIS, SPATIAL AGGREGATION

## Introduction

Très souvent, l'information traitée en géographie est observée à une échelle (1) qui correspond à un certain niveau d'agrégation spatial. Il est même fréquent que cette informa-

tion ait déjà été réagrégée un certain nombre de fois et l'on considère alors plusieurs échelles emboîtées. Or, le processus d'agrégation transforme l'information puisque celle-ci est analysée non plus suivant l'unité élémentaire d'observation, mais suivant une unité spatiale définissant le niveau d'agrégation géographique: il peut s'agir de données décrivant des entités socio-économiques (individus, ménages) qui sont exploitées soit à l'échelle des unités de résidence (le logement ou la parcelle) soit à l'échelle des unités d'aménagement

(1) On considère l'échelle comme le niveau d'analyse utilisé pour le traitement des données.

(l'îlot ou le secteur), soit encore aux deux échelles si l'on tient compte justement de l'emboîtement des unités de résidence dans les unités d'aménagement. Une unité spatiale, par exemple l'îlot, est considérée dans ce cas comme un agrégat d'individus, ou de ménages, ou encore de logements, homogènes quant aux variables étudiées; ce n'est pas toujours vérifié, d'autant moins que ces unités sont souvent issues d'un découpage géographique arbitraire.

Cette hétérogénéité interne des unités spatiales, sur lesquelles est fondée l'information géographique, pose un problème essentiel dans le traitement et l'interprétation des analyses statistiques et cartographiques. En effet, la nature des relations, leur intensité et leur sens varient en fonction de l'échelle à laquelle on se place, puisque «l'agrégation crée des associations spatiales entre des variables qui n'étaient pas, à l'origine, associées au niveau individuel et affecte de manière fondamentale les caractéristiques des données, et donc les résultats de l'étude géographique» (Openshaw, 1981). Ceci est une réelle limite à la validité et à la pertinence des résultats si l'on ne mesure pas l'effet dû à l'agrégation, c'est-à-dire si l'on n'étudie pas la variabilité interne des unités spatiales constituant le niveau d'agrégation. Aussi, lorsque l'on n'a qu'un seul niveau d'analyse, le traitement des données agrégées pose la question de l'hétérogénéité spatiale. En revanche, lorsque l'on dispose de plusieurs échelles emboîtées, on peut non seulement dégager les structures spécifiques à chaque échelle, mais aussi mettre en évidence les transformations de ces structures d'une échelle à l'autre, et les pertes d'information associées à la seule prise en compte d'une échelle globale.

Ceci nous conduit à l'étude d'un système d'échelles défini par un ensemble de niveaux d'analyse, de données descriptives de ces niveaux et de relations entre eux. À l'échelle la plus fine correspond le niveau d'observation constitué par les unités statistiques de base et caractérisé par un ensemble de données. À partir de celui-ci sont construits les niveaux d'agrégation qui composent le système et qui peuvent également faire l'objet d'observations. Dans ce cas, chacun des niveaux fournit une population d'étude potentielle.

Lorsque certains de ces niveaux ont une dimension géographique, ceci nous amène à considérer des systèmes spatiaux qui peuvent être gérés et en partie exploités par les systèmes d'information géographique (SIG). Ceux-ci ne

semblent pas toujours permettre la prise en compte du fonctionnement de ces systèmes (Charre, 1991), sur lequel repose leur analyse: la connaissance du fonctionnement de ces systèmes passe par l'étude du lien entre les niveaux. De plus, A. S. Fotheringham et D. W. S. Wong posent le problème de l'analyse multivariée de données agrégées suivant un découpage géographique modifiable, «MAUP» (Fotheringham, 1991), et perçoivent d'une manière pessimiste le traitement de telles données, qui devient de plus en plus fréquent avec le développement des SIG.

Nous proposons ici une méthode (Piron, 1992) d'analyse d'un système d'échelles appropriée au traitement d'analyses multivariées qui consiste en une succession:

- d'analyses par niveaux d'agrégation afin de cerner la structuration de l'espace sous des formes différentes; chaque échelle fournit un point de vue particulier sur cette structuration, ce qui doit permettre d'étudier les différenciations entre les unités spatiales constituant le niveau d'agrégation;
- d'analyses des passages entre deux niveaux d'agrégation afin d'établir la jonction entre ces différents points de vue, pour étudier l'effet dû à l'agrégation, c'est-à-dire la différenciation interne des unités spatiales constituant le niveau supérieur.

Cette méthode contribue à mettre en évidence la structuration et l'organisation d'un espace et à connaître les différenciations spatiales en dégageant à la fois les structures spécifiques de chaque niveau et celles que l'on perd dans le changement d'échelle. L'étude simultanée aux différentes échelles doit permettre de répondre à certaines questions liées au problème de l'analyse de données géographiques et, par conséquent, à celui de l'hétérogénéité spatiale, à savoir:

- quel est l'effet du découpage géographique sur la perception d'un phénomène donné, autrement dit quel niveau d'analyse choisir et quelles sont les conséquences de ce choix?
- à quel niveau une variable perd-elle son pouvoir de discrimination?
- trouve-t-on les mêmes éléments d'organisation aux différentes échelles?
- quelle est la nature de l'hétérogénéité interne des unités spatiales?

Ces questions ont été posées pour un programme de recherche conjoint entre l'Orstom et le Centre national de

recherche scientifique et technique du Burkina Faso dont l'objectif a été d'étudier l'extension urbaine de la capitale, Ouagadougou, au travers d'une série de critères: les opérations d'aménagement du tissu urbain, les modes d'accès au sol et au logement, la structure socio-économique, les processus d'intégration à la ville.

## I. Contexte expérimental: l'extension urbaine de Ouagadougou (Burkina Faso)

L'un des aspects de cette recherche a été de définir la structuration de l'espace périphérique de Ouagadougou, de comprendre les formes d'organisation spatiale et sociale à partir des caractéristiques de la population et de la politique urbaine. Il faut préciser qu'en 1986 le Burkina Faso est l'un des rares pays africains à affirmer une politique urbaine volontariste et à mettre les problèmes d'habitat au premier plan des préoccupations. Cela s'est traduit entre autres par le lotissement systématique des quartiers périphériques de la ville. Depuis 1983, la restructuration de ces quartiers a été entreprise à «grande vitesse» entraînant des «opérations bulldozer»: certaines parcelles, voire certains quartiers ont été rasés.

Les moyens mis en œuvre pour cette étude reposent sur une enquête (Piron, 1990) qui a fait intervenir plusieurs niveaux de collecte: la parcelle qui est l'unité d'échantillonnage, tous les ménages résidant sur la parcelle et tous les individus composant les ménages. Ces niveaux sont emboîtés; chaque individu est inclus dans un ménage, chaque ménage dans une parcelle. Nous ne retiendrons pour cette présentation que les deux premiers niveaux de collecte et les groupes de variables associés:

— la parcelle, considérée alors comme la maille de base de la problématique foncière décrite par les variables suivantes:

le nombre de ménages sur la parcelle	MEN
le nombre de bâtiments	BAT
la date d'acquisition	DAC
le coût de construction	CTB
la superficie de la parcelle	SPF
le mode d'acquisition	MAC
les opérations de lotissements	OPL

— le ménage, considéré comme l'unité «d'entrée» dans la

réalité sociologique de la ville et dont les éléments descriptifs sont:

le nombre de personnes dans le ménage	PRS
l'âge	AGE
l'ethnie	ETH
l'activité	ACT
l'origine du chef de ménage	ORG
la date d'arrivée à Ouagadougou	DRO
le nombre de migrations intraurbaines	MIG
le sexe	SEX
le statut matrimonial	STM
le niveau d'instruction	SCL
le statut d'occupation	STO
la date d'installation sur le parc	DRP
le lieu d'arrivée à Ouagadougou	LRO
le type de ménage	SMN

L'espace étudié est découpé suivant deux maillages administratifs: la zone de dénombrement, qui est une unité spatiale totalement arbitraire mise en place pour les besoins du recensement de la population de 1985; le secteur, qui est une division administrative regroupant les zones de dénombrement et qui remplace l'ancien découpage traditionnel en quartiers. Ainsi, le périmètre de l'enquête sur l'extension urbaine de la ville est défini par les 16 secteurs périphériques de Ouagadougou et l'échantillon a été sélectionné à partir des zones de dénombrement.

Le système d'échelles que nous voulons étudier est composé des éléments suivants:

- l'unité statistique de base, le ménage: la population d'étude est le ménage;
- deux groupes de variables observés aux deux niveaux les plus fins, le ménage et la parcelle, soit 21 variables totalisant 74 modalités;
- quatre niveaux d'échelles pour l'analyse de l'information: le «ménage» (M), le niveau le plus fin, qui fournit l'unité statistique de base et correspond à un niveau de définition des variables (les données analysées à ce niveau ne sont pas agrégées); la «parcelle» (P) qui est le premier niveau d'agrégation considéré et correspond également à l'autre niveau de définition des variables; le «secteur» (S) et la «zone de dénombrement» (Z) qui sont des niveaux d'agrégation spatiale pouvant être cartographiés et correspondant à des découpages administratifs.

Avant d'identifier, au travers de ce système d'échelles, ce

qui participe ou non à l'organisation de l'espace périphérique ouagalais, nous allons exposer les principes de la méthode d'analyse d'un système d'échelles mise en place à partir des techniques d'analyse multivariée.

## II. Proposition d'une méthode d'analyse du système d'échelles

### 1. État de la question

Il existe des méthodes classiques, aussi bien inférentielles que descriptives pour comparer le pouvoir de discrimination des différentes variables à différents niveaux d'agrégation géographique. Suivant le problème posé, le nombre de niveaux d'analyse dont on dispose, la nature des variables, qualitatives ou quantitatives, celle de l'analyse, univariée ou multivariée, certaines méthodes sont appropriées ou non.

Une première méthode, la plus utilisée sans doute pour analyser l'emboîtement de deux ou plusieurs échelles géographiques, est l'*analyse de la variance* (Haggett, 1973). Elle s'applique à l'explication des différenciations spatiales d'une variable de nature quantitative à partir d'une ou de plusieurs variables explicatives qualitatives définies par l'appartenance à une unité spatiale de niveau supérieur.

L. Sanders (1989) montre les principaux contrastes de l'espace suédois sur le plan démographique, économique et social en tenant compte de deux échelles géographiques emboîtées, la commune et la région. Elle mesure les rôles respectifs des différences interrégionales et intercommunales en confrontant au niveau des 284 communes, unités spatiales de base, chacune des variables quantitatives retenues avec le découpage régional en 24 modalités. L'étude, variable par variable, montre que le facteur de différenciation intercommunale à l'intérieur d'une même région est important pour la plupart des variables prises en compte.

C. Grasland (1991) s'intéresse à l'analyse des systèmes politiques en géographie et étudie en particulier la croissance des populations régionales et leur appartenance politique suivant les deux blocs Est-Ouest. Il cherche à mettre en évidence les effets de deux niveaux d'agrégation emboîtés bloc-État à partir de l'unité spatiale de base, la région. Il

en conclut que la variation spatiale des taux de croissance pour la période 1960-1985 est étroitement liée à l'appartenance à un État et non à un bloc politique.

L'analyse de la variance permet d'appréhender le rôle du niveau d'agrégation dans l'étude d'une variable quantitative. Elle n'est donc pas adaptée à un traitement multidimensionnel: elle ne peut pas décrire simultanément un ensemble de variables à différents niveaux d'agrégation géographiques.

Une autre approche, plus adaptée à une étude multidimensionnelle, passe par l'utilisation de l'*analyse factorielle des correspondances*. À partir d'un tableau de correspondances simples (comportant en ligne les unités spatiales, des îlots par exemple, et en colonne les variables), elle permet de dégager des profils d'îlots au travers des axes d'inertie et des valeurs associées qu'elle fournit. Si ces valeurs sont élevées (proches de 1), cela indique que les profils d'îlots obtenus sont fortement différenciés entre eux.

C. Rozenblat (1989) a employé cette méthode pour étudier le degré de différenciation spatiale des professions et catégories sociales en utilisant l'emboîtement quartier-îlot à Paris. Elle a effectué une série d'analyses des correspondances par quartier et en a déduit un degré de différenciation interne des quartiers de Paris. Cette méthode offre l'avantage de confronter simultanément un ensemble de variables mais peut sembler fastidieuse si le nombre de quartiers est grand: il y a autant d'analyses à effectuer qu'il y a d'unités spatiales, les quartiers constituant le niveau d'agrégation. De plus, elle ne propose pas une vision globale des différenciations internes des quartiers de Paris, si l'on considère délicat de sommer les valeurs des axes d'inertie issus de nuages de points différents pour en déduire un seul degré de différenciation des quartiers de Paris.

A. S. Fotheringham et D. W. S. Wong (1991), utilisant des modèles de régression linéaire multiples, observent que les méthodes multivariées ne sont pas fiables, d'un point de vue modélisateur, pour traiter du problème de l'unité zonale modifiable (MAUP). À cet effet, ils ont montré que les résultats étaient très variables suivant les échelles elles-mêmes, et suivant des découpages différents obtenus pour une même échelle; d'où la mise en garde pour les études réalisées sur un seul niveau d'agrégation où l'on n'a pas de

référence pour estimer les homogénéités internes et externes des unités spatiales.

Nous proposons d'étudier, avec les techniques descriptives d'analyses multivariées, la différenciation spatiale en considérant à la fois les différenciations entre et à l'intérieur des unités spatiales constituant le niveau d'agrégation. Nous disposons pour cela d'un système d'échelles tel que nous l'avons défini précédemment, complet puisqu'il comprend le niveau de collecte de base, le ménage. L'inertie pouvant être considérée comme une « variance multivariée », la méthode que nous avons mise au point revient à envisager une analyse de la variance décomposée suivant une série de partitions (2) emboîtées, c'est-à-dire un système d'échelles, et adaptée aux techniques d'analyse multivariée pour des variables qualitatives.

Nous rappelons qu'un outil approprié pour traiter simultanément un ensemble de variables qualitatives est l'analyse factorielle des correspondances et notamment l'analyse des correspondances multiples. Elle optimise la représentation de la dispersion des unités statistiques qui constituent le nuage de points afin de discriminer celles qui se différencient le plus du profil moyen projeté au centre de gravité du nuage. On obtient, suivant le niveau d'analyse, des profils de ménages, de parcelles ou de secteurs donnés par les axes factoriels qui sont des combinaisons de variables. La distance utilisée pour mesurer les ressemblances ou dissemblances entre les profils est la distance du  $\chi^2$  qui possède la propriété d'équivalence distributionnelle: si les unités spatiales sont homogènes, c'est-à-dire s'il existe un regroupement d'éléments distributionnellement proches, il est sensiblement équivalent de réaliser l'analyse au niveau de ces unités et au niveau des unités de base. On peut ainsi, sous la condition d'homogénéité des unités spatiales, agréger les éléments d'une même unité spatiale, autrement dit effectuer un changement d'échelle, et conserver les résultats de l'analyse du niveau le plus fin. Une unité spatiale est dite homogène si « les éléments qui la composent se ressemblent plus entre eux qu'ils ne ressemblent à l'ensemble des éléments » (Grasland, 1991).

(2) Mathématiquement, une partition est un ensemble de classes disjointes qui recouvrent l'espace d'étude. On assimilera ici un niveau à une partition dont les classes sont des unités spatiales.

## 2. Le processus d'agrégation

Il est nécessaire, dans un premier temps, de formaliser le processus d'agrégation dans le cadre de variables qualitatives. Pour cela, nous allons considérer un exemple simple comprenant seulement trois niveaux emboîtés ménage-parcelle-secteur:

1. au niveau le plus fin, le ménage; on construit un tableau disjonctif complet (ou tableau logique) croisant les ménages, c'est-à-dire l'ensemble des unités statistiques de base, M, avec l'ensemble des variables éclatées en modalités, J:

variable parcelle			variable ménage					
n° mén.	trad.	mod. ...	prop.	loc.	héb. ...	n° parc.	n° sect.	
1	1	0	1	0	0	1	1	
2	1	0	0	0	1	1	1	
3	1	0	0	0	1	1	1	
4	1	0	0	0	1	1	1	
5	0	1	0	1	0	2	1	
6	1	0	0	0	1	3	2	
7	1	0	0	1	0	3	2	
8	0	1	0	0	1	4	2	
9	0	1	0	0	1	4	2	
10	1	0	1	0	0	5	3	

$K_{mj} = 1$  ou 0 selon que le ménage m a donné ou non la réponse j de la question q; les données ne sont pas agrégées et nous disposons à ce niveau de l'organisation originelle de l'information;

2. au niveau intermédiaire, la parcelle: à partir du niveau «ménage», c'est-à-dire du tableau disjonctif complet, on crée un tableau croisant les parcelles, c'est-à-dire l'ensemble des unités spatiales du premier niveau d'agrégation, P, avec l'ensemble des modalités, J, en cumulant les informations des ménages appartenant à une même parcelle:

variable parcelle			variable ménage					
n° parc.	trad.	mod. ...	prop.	loc.	héb. ...	n° sect.		
1	4	0	1	0	3	1		
2	0	1	0	1	0	1		
3	2	0	0	1	1	2		
4	0	2	0	0	2	2		
5	1	0	1	0	0	3		

$$K_{pj} = \sum_{m \in p} K_{mj}$$

est le nombre de ménages de la parcelle  $p$  qui ont fourni la réponse  $j$  de la question  $q$ ; nous obtenons un tableau de correspondances qui est une première matrice d'information spatiale;

3. au niveau supérieur, le secteur: on construit de la même manière que précédemment un tableau de correspondances croisant l'ensemble des secteurs,  $S$ , avec l'ensemble des modalités  $J$ :

n° sect	variable parcelle			variable ménage			
	trad.	mod.	...	prop.	loc.	héb.	...
1	4	1		1	1	3	
2	2	2		0	1	3	
3	1	0		1	0	0	

$$K_{sj} = \sum_{m \in S} K_{mj} = \sum_{p \in S} K_{pj}$$

est le nombre de ménages résidant dans le même secteur qui ont donné la réponse  $j$ . Il est obtenu soit par agrégation des données à partir du niveau «ménage» soit par réagrégation à partir du niveau «parcelle»; il s'agit d'une deuxième matrice d'information spatiale à une échelle supérieure.

Un niveau d'agrégation est construit à partir du niveau d'observation de base ou d'un niveau d'agrégation plus fin. L'information des unités statistiques plus petites apparte-

nant à une même unité spatiale est cumulée et donc agrégée. De ce fait, les unités du niveau inférieur sont assimilées et analysées par le centre de gravité de leur unité spatiale d'appartenance. Agréger rend compte d'une valeur moyenne de l'information par unité spatiale. On considère ainsi le profil moyen des ménages appartenant à une même unité spatiale. Il y a par exemple équivalence entre l'analyse des correspondances effectuée sur le tableau pris au niveau supérieur, le secteur, et celle réalisée sur le tableau des profils moyens des ménages par secteur:

n° mén.	variable parcelle			variable ménage				n° parc.	n° sect.
	trad.	mod.	...	prop.	loc.	héb.	...		
1	4/5	1/5		1/5	1/5	3/5	1	1	
2	4/5	1/5		1/5	1/5	3/5	1	1	
3	4/5	1/5		1/5	1/5	3/5	1	1	
4	4/5	1/5		1/5	1/5	3/5	1	1	
5	4/5	1/5		1/5	1/5	3/5	2	1	
6	2/4	2/4		0	1/4	3/4	3	2	
7	2/4	2/4		0	1/4	3/4	3	2	
8	2/4	2/4		0	1/4	3/4	4	2	
9	2/4	2/4		0	1/4	3/4	4	2	
10	1	0		1	0	0	5	3	

Chaque unité statistique (un ménage) est représentée par le profil moyen de l'unité spatiale (le secteur) à laquelle elle appartient.

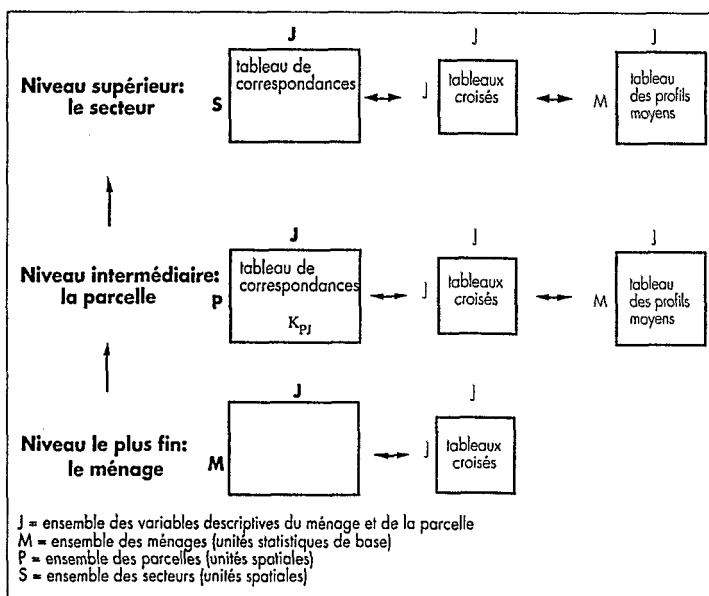


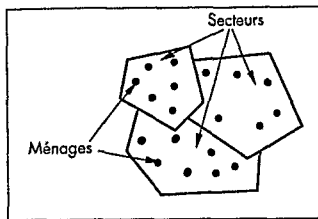
Fig. 1.— Le processus d'agrégation pour des données qualitatives.

On précise qu'à partir des tableaux de correspondances, on peut également construire des tableaux qui croisent deux à deux les variables qualitatives. Au niveau de base, le ménage, on retrouve les tableaux croisés classiques appelés «tableaux de Burt». Aux niveaux supérieurs, on obtient des tableaux assimilés à des tableaux de Burt et qui rendent compte de l'inclusion des ménages dans les parcelles et dans les secteurs (Piron, 1990). L'ensemble de ces tableaux d'information est résumé sur la figure 1. Pour un même niveau, effectuer une analyse des correspondances sur un tableau ou l'autre est équivalent.

### 3. La décomposition de l'inertie suivant un système d'échelles

Pour analyser le système d'échelles, on va utiliser la décomposition de l'inertie suivant le principe de Huygens: l'inertie d'un ensemble d'individus muni d'une partition se décompose en inertie interclasses qui mesure la variabilité entre les classes et en inertie intra-classes qui quantifie la variabilité interne des classes. On rappelle qu'une partition est assimilée au niveau d'agrégation et une classe de cette partition correspond à une unité spatiale de ce niveau.

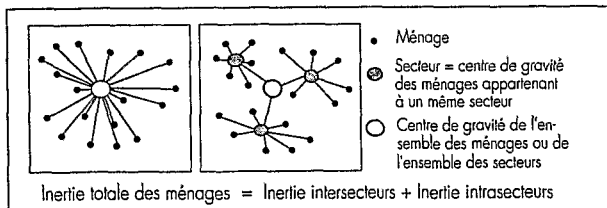
Si l'on étudie l'ensemble des ménages suivant le niveau d'agrégation, le secteur, ce qui est représenté par:



alors l'inertie du nuage des ménages se décompose de la manière suivante: inertie de l'ensemble des ménages = inertie intersecteurs + inertie intrasecteurs où:

- l'inertie intersecteurs exprime la variabilité entre les secteurs, c'est-à-dire l'écart des secteurs par rapport au centre de gravité de l'ensemble des secteurs (qui est aussi celui de l'ensemble de ménages);
- l'inertie intrasecteurs mesure la variabilité des ménages à l'intérieur des secteurs, c'est-à-dire l'écart des ménages par rapport à leur secteur de résidence (centre de gravité de tous les ménages appartenant à un même secteur).

Nous pouvons représenter la décomposition de l'inertie de l'ensemble des ménages suivant le niveau d'agrégation, le secteur, de la manière suivante:

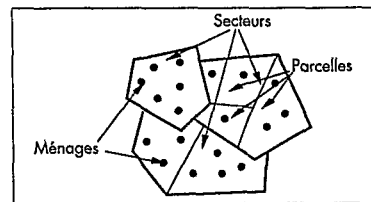


Si les secteurs sont homogènes, c'est-à-dire si les ménages au sein d'un même secteur ont un comportement

identique quant aux variables étudiées, l'inertie intersecteurs est élevée et, a fortiori, l'inertie intrasecteurs est faible, indiquant par là-même la variabilité interne des secteurs.

Nous obtenons de la même manière la décomposition classique de l'inertie de l'ensemble des ménages en considérant le niveau d'agrégation, la parcelle: inertie de l'ensemble des ménages = inertie interparcelles + inertie intraparcelles.

À partir de ce principe de décomposition pour un seul niveau d'agrégation, nous démontrons (Piron, 1990) que, si l'on dispose d'un système d'échelles, c'est-à-dire d'une série de partitions emboîtées (parcelles et secteur) sur un ensemble

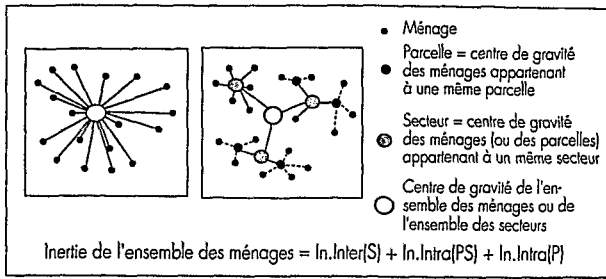


d'unités statistiques de base (les ménages) représenté par: l'inertie totale de l'ensemble des ménages,  $In(M)$ , se décompose de la manière suivante:

$$In(M) = In.Inter(S) + In.Intra(PS) + In.Intra(P)$$

où  $In.Inter(S)$  est l'inertie intersecteurs qui mesure la variabilité c'est-à-dire l'écart entre les secteurs;  $In.Intra(P)$  est l'inertie intraparcelles sur l'ensemble des ménages et mesure la variabilité des ménages à l'intérieur des parcelles, c'est-à-dire l'écart des ménages par rapport à leur parcelle;  $In.Intra(PS)$  est l'inertie intrasecteurs sur l'ensemble des parcelles et mesure l'écart des parcelles (centres de gravité des ménages résidant sur une même parcelle) par rapport à leur secteur d'appartenance (centre de gravité des ménages ou des parcelles d'un même secteur); il s'agit de l'inertie intra-classes dont les éléments de base sont déjà des agrégats; elle exprime donc la variabilité entre les parcelles à l'intérieur des secteurs et traduit le passage entre deux niveaux d'agrégation. La méthode pour l'analyse du système d'échelle, que nous proposons, repose sur cet élément intermédiaire.

Nous représentons cette décomposition de l'inertie de l'ensemble des ménages suivant l'emboîtement parcelle-secteur par:



On remarque qu'en sommant:  
 $In.Inter(S) + In.Intra(PS) = In.Inter(P)$  et  
 $In.Intra(PS) + In.Intra(P) = In.Intra(S)$ ,  
 on obtient la décomposition de l'inertie de l'ensemble des ménages suivant un seul niveau d'agrégation, respectivement la parcelle et le secteur.

Pour comprendre l'organisation de l'espace et se représenter les différenciations spatiales, il faut mettre en évidence les caractéristiques des diverses formes de variabilités obtenues. Pour cela, on réalise une analyse sur chaque terme issu de la décomposition de l'inertie, ce qui revient en quelque sorte à effectuer une analyse de la «variance multivariée». On aboutit à deux types d'analyses (fig. 2):

- l'analyse du niveau d'agrégation qui permet l'étude de la variabilité entre les unités spatiales (l'analyse associée à l'inertie interclasses);
- l'analyse du passage entre deux niveaux qui permet l'étude de la variabilité entre les unités constituant le niveau le plus fin à l'intérieur des unités spatiales qui définissent le

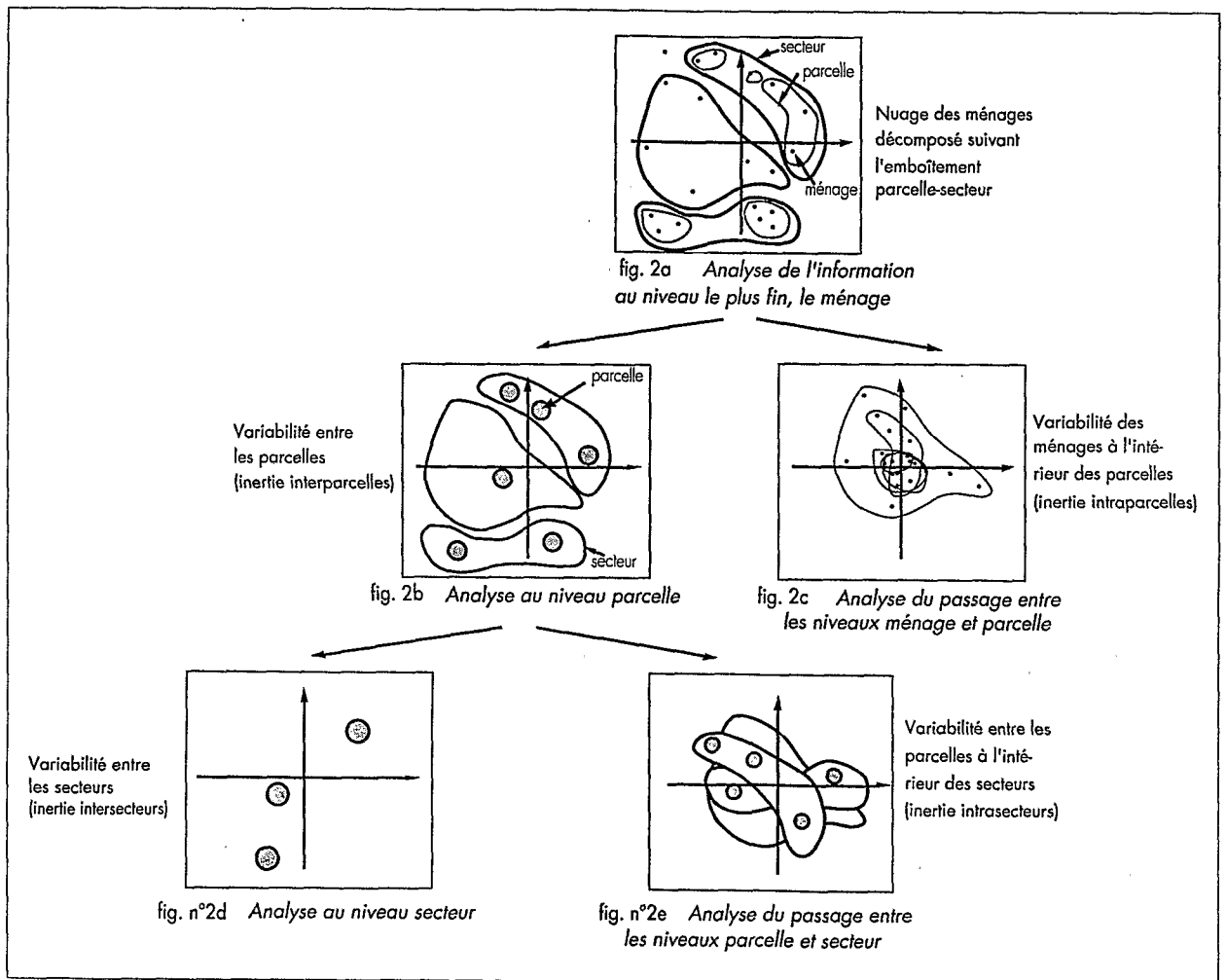


Fig. 2.— Analyse de la décomposition de l'inertie sur le nuage des ménages suivant l'emboîtement ménage-parcelle-secteur.



niveau supérieur d'agrégation (l'analyse associée à l'inertie intraclasse).

Pour une vision globale de l'organisation de l'espace, cela signifie que l'on dégage les structures communes des unités spatiales correspondant au niveau le plus fin et qui se modifient progressivement au fur et à mesure que l'on passe à une échelle supérieure.

#### 4. L'analyse du niveau d'agrégation

L'analyse à un niveau donné revient à étudier la variabilité entre les unités spatiales. Pour cela, on réalise une analyse des correspondances sur un des tableaux associés à un niveau d'analyse (fig. 1) qui sont exposés dans le processus d'agrégation:

— au niveau le plus fin, le ménage (fig. 2a), on effectue une analyse sur le tableau disjonctif complet  $K_{MJ}$ , c'est-à-dire sur le tableau de données non agrégées; à ce niveau d'analyse, l'information n'est pas transformée et chaque unité spatiale correspond à une unité statistique de base; on obtient des profils de ménages;

— au niveau intermédiaire, la parcelle (fig. 2b), un ménage est analysé au travers de la parcelle à laquelle il appartient; on réalise une analyse des correspondances sur le tableau,  $K_{PJ}$ , croisant l'ensemble des parcelles avec celui des variables; on obtient des profils de parcelles;

— au niveau supérieur, le secteur (fig. 2d), un ménage (mais aussi une parcelle) est analysé au travers du secteur dans lequel il réside; ce secteur est représenté par le centre de gravité de ces ménages (ou de ces parcelles); on effectue une analyse des correspondances sur le tableau,  $K_{SJ}$ , croisant l'ensemble des secteurs avec celui des variables; on obtient des profils de secteurs.

L'analyse du niveau d'agrégation est fréquemment et implicitement réalisée, puisqu'il s'agit de l'analyse sur une matrice d'information spatiale. Elle met en évidence les associations ou les différenciations entre les unités spatiales définissant ce niveau.

#### 5. L'analyse du passage entre deux niveaux

L'analyse du passage entre les niveaux ménage et parcelle (respectivement parcelle et secteur) doit permettre d'apprécier la différenciation interne des parcelles (respectivement des secteurs). On cherche à éliminer l'effet dû à l'agrégation.

Ceci revient à représenter une unité statistique («élémentaire» si elle est prise au niveau d'analyse de base, le ménage, ou «spatiale» si elle est prise à un niveau déjà agrégé), non pas par son écart à la moyenne générale de la population d'étude, comme dans une analyse classique, mais par son écart à la moyenne de la population appartenant à la même unité spatiale qu'elle. Au tableau traduisant le niveau d'analyse inférieur (le tableau des données  $K_{MJ}$  s'il s'agit du niveau de base ou la matrice d'information  $K_{PJ}$  si le niveau est agrégé), on retranche le tableau correspondant au niveau d'agrégation supérieur ( $K_{PJ}$  ou  $K_{SJ}$ ). Celui-ci traduit l'hypothèse d'indépendance pour chaque sous-nuage des unités spatiales qui le constituent. Puis on ajoute le produit des marges ( $K_M * K_J$ ) qui correspond à l'hypothèse d'indépendance classique, afin de pouvoir effectuer le programme usuel de l'analyse des correspondances (on vérifie que tous ces tableaux ont les mêmes marges,  $K_M = K_P = K_S$ ). Un tel tableau traduit l'inertie intraclasse et mesure la part que chaque unité spatiale est capable de restituer de la structure définie en commun.

Par conséquent, l'analyse du passage entre deux niveaux revient à faire une analyse intraclasse, ce qui est représenté par la figure 2: on étudie la dispersion des unités statistiques à l'intérieur de leur unité spatiale d'appartenance. On a deux cas de figures:

— les unités statistiques sont définies par le niveau d'analyse de base, le ménage, et nous avons une structure de base (disjonctive complète) ne pouvant être décomposée: pour étudier le passage entre les niveaux ménage et parcelle, on réalise une analyse des correspondances sur le tableau suivant:

$$K_{MJ} - \frac{K_{PJ}}{n_p} + (K_M * K_J)$$

où  $n_p$  est le nombre de ménages de la parcelle  $p$ ; le tableau  $K_{PJ}/N_p$  est le tableau des centres de gravité des parcelles; cette analyse (fig. 2c) recentre les ménages par rapport au centre de gravité de la parcelle à laquelle ils appartiennent; elle fournit ainsi les indicateurs de disparité des ménages à l'intérieur des parcelles;

— les unités statistiques correspondent à des unités statistiques spatiales qui définissent le niveau d'agrégation le plus fin considéré; pour étudier le passage entre les niveaux d'agrégation parcelle et secteur, on effectue une analyse des correspondances sur le tableau:

$$\frac{K_{PJ}}{n_p} - \frac{K_{SJ}}{n_s} + (K_p * K_j)$$

où  $n_s$  est le nombre de ménages du secteur  $s$ ; le tableau  $K_{SJ}/N_S$  est le tableau des centres de gravités des secteurs; cette analyse (fig. 2e) recentre les parcelles par rapport au secteur auquel elles appartiennent; les parcelles sont représentées par le centre de gravité des ménages  $y$  résidant et les secteurs par le centre de gravité des parcelles ou des ménages lui appartenant; on obtient ainsi les indicateurs de disparité entre les parcelles à l'intérieur des secteurs.

On envisage alors les passages successifs d'un niveau à un autre. L'analyse du passage entre deux niveaux fournit les caractéristiques de différenciation au sein d'une même unité spatiale définie par le niveau supérieur. Elle permet de saisir les structures induites par le niveau inférieur et qui sont perdues dans le changement d'échelle.

#### 6. Le principe de la méthode d'analyse d'un système d'échelles

Cette succession d'analyses des niveaux d'agrégation et des passages entre ces niveaux aboutit à l'analyse du système d'échelles. La figure 2 schématise le processus d'analyse de la décomposition de l'inertie pour une série de partitions emboîtées. Dans le cadre d'analyses factorielles, nous dirons qu'un niveau (le secteur par exemple) est globalement homogène si les unités spatiales qui le composent sont faiblement différenciées. Cela signifie que les unités statistiques (les parcelles) qui appartiennent à une même unité spatiale ont des profils semblables. On peut ainsi représenter les différents cas d'homogénéité des niveaux:

— si l'analyse du niveau supérieur rend compte au mieux des mêmes structures (mêmes axes factoriels) que celle du niveau inférieur, alors l'analyse du passage entre ces deux niveaux dégage une perte minimale d'information due à l'agrégation, mais qui ne bouleverse pas l'organisation des données au niveau le plus fin: l'inertie intraclasse est faible et les unités spatiales du niveau supérieur sont globalement homogènes (figure 3a); dans ce cas, on peut ramener l'étude au niveau supérieur d'agrégation qui conserve alors la stabilité du phénomène observé au niveau inférieur;

— si l'analyse du niveau supérieur, en revanche, ne se structure pas comme celle du niveau inférieur, alors l'analyse du passage rend compte d'une même organisation du

nuage de points que celle du niveau inférieur: l'inertie intraclasse est élevée et le niveau supérieur est globalement hétérogène (figure 3b); dans ce cas, les analyses aux deux échelles distinctes apportent deux points de vue différents; par conséquent, si l'analyse interclasses est implicitement utilisée dès que l'on traite de données agrégées, l'analyse intraclasse met en évidence ce qui s'est passé dans le changement d'échelle en dégageant la nature de la transformation de l'information — que ce soit un phénomène minime (faible variabilité) mais intéressant ou un phénomène important (forte variabilité).

L'analyse correspondant à l'inertie la plus faible complète la connaissance du phénomène étudié. Les deux types d'analyses sont indispensables pour le traitement de données géographiques.

A. S. Fotheringham et D. W. S. Wong posent également le problème de résultats variables, d'une part suivant les échelles, et d'autre part suivant les découpages pour une échelle donnée. Si l'on peut donner une importance d'homogénéité des unités spatiales d'un niveau par l'examen de ces deux types d'analyses, il est délicat de vouloir obtenir une mesure du critère d'homogénéité pour un niveau donné à partir des taux d'inertie:

$$\frac{\text{inertie inter}}{\text{inertie totale}} \quad \text{ou} \quad \frac{\text{inertie intra}}{\text{inertie totale}}$$

En effet, dans le cadre d'analyses multivariées, ces taux dépendent du découpage et du nombre de variables. Il est possible d'avoir des taux d'inertie similaires pour des nuages de points différents ayant un nombre de variables et un découpage (nombre d'unités spatiales) identiques. Dans le cas d'un système d'échelles, il est évident que plus on agrège, plus les niveaux sont globalement hétérogènes (inertie interclasses importante). Dans le cas de découpages obtenus à une même échelle, on peut envisager de faire des tests statistiques pour connaître la part due au découpage. On peut pour l'instant uniquement comparer les taux d'inertie entre des systèmes d'échelles appliqués à un même nuage de points. Par exemple, si l'on construit un système d'échelles à partir de la classification ascendante hiérarchique qui, rappelons-le, est fondée sur la minimisation de l'inertie intraclasse (homogénéité interne minimale des unités spatiales), on peut uniquement dire que cette classification rend compte au mieux de niveaux homogènes.

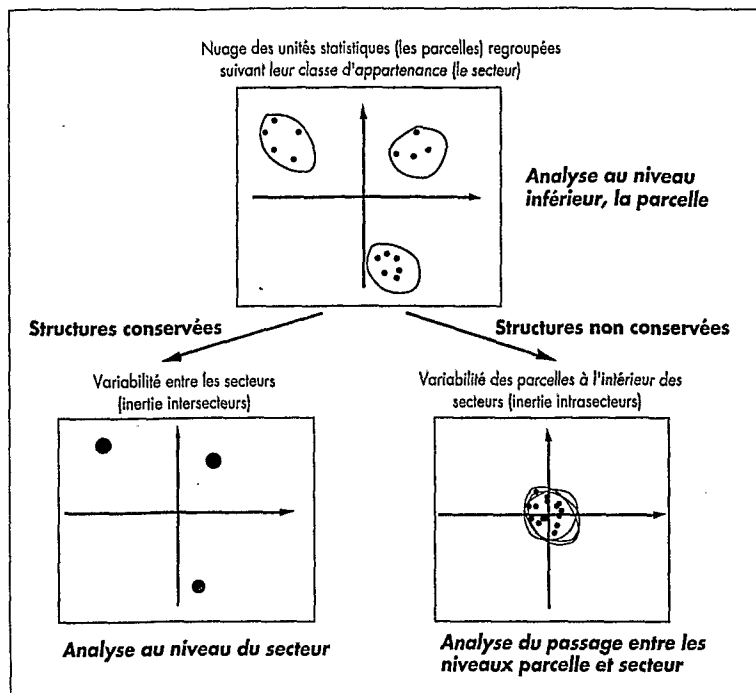


Fig. 3a.— Cas de classes globalement homogènes.

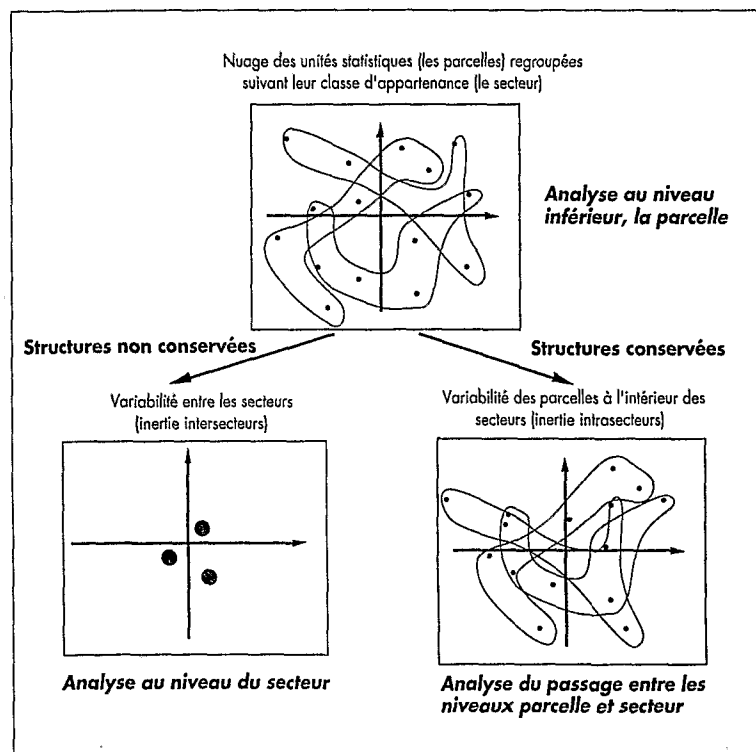


Fig. 3b.— Cas de classes globalement hétérogènes.

### III. Une application de la méthode d'analyse du système d'échelle

Le processus de l'analyse du système d'échelles revient à faire des «allers et retours» entre les niveaux pour comprendre les mécanismes d'organisation d'un espace.

Pour cela, nous avons effectué:

- une analyse au niveau de base, sans aucune agrégation, le ménage;
- une double analyse qui doit permettre d'étudier le changement d'échelle en considérant: une analyse interclasses qui donne l'organisation au niveau supérieur et une analyse intraclasses qui donne l'information du niveau inférieur perdue dans le passage, c'est-à-dire qui détermine la variabilité interne du niveau supérieur d'agrégation.

Afin de mettre en évidence les principaux paramètres sociologiques et fonciers de l'organisation spatiale de la périphérie de Ouagadougou et de déterminer les niveaux d'analyse pertinents pour un phénomène donné, nous avons essayé de comprendre ce qui se passait à toutes les étapes de l'analyse du système d'échelles. Celles-ci sont schématisées par la figure 4.

Les résultats portent sur les plans factoriels principaux de l'analyse du système d'échelles qui sont à la fois résumés dans la figure 5 et schématisés par la figure 6. Ils peuvent être mis en parallèle avec ceux de la figure 2 et permettent de saisir les transformations progressives de la base d'information au fur et à mesure que l'on change d'échelle. De plus, il semble particulièrement intéressant, compte tenu de la nature géographique des niveaux d'agrégation supérieurs, le secteur et la zone de dénombrement, de cartographier les résultats des analyses décrivant le changement d'échelle entre ces deux niveaux. L'intérêt est de déduire visuellement la position des unités

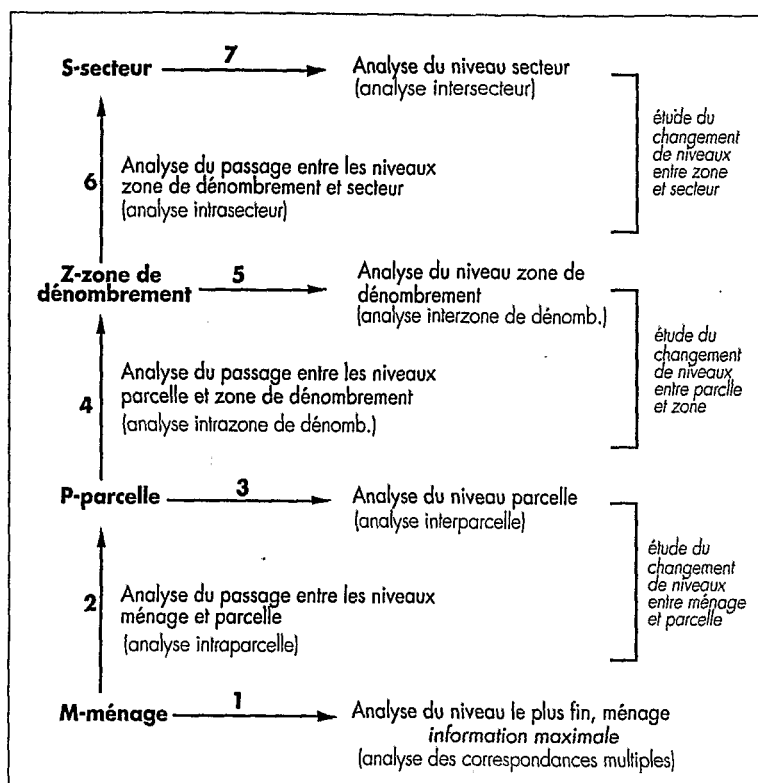


Fig. 4.— Les étapes du système d'échelles.

spatiales sur le plan factoriel et ainsi localiser les phénomènes dégagés par ce même plan. Il s'agit de concevoir la légende de manière à traduire d'une part les oppositions que dégage chaque axe et d'autre part l'indépendance des deux axes. Nous allons ici présenter les différents changements d'échelles uniquement au travers des typologies mises en évidence.

### 1. Le changement de niveau entre le ménage et la parcelle

Les analyses (1 et 3) des niveaux ménage et parcelle (figures 6a et 6c) mettent en évidence le cycle de vie, l'activité et la mobilité intraurbaine. Elles fournissent une typologie des ménages au travers du rapport entre structures socio-économiques et structures résidentielles exprimées par l'accès au sol et au logement. On dégage trois principaux types de ménages : — les «étudiants» : caractérisés par un chef de ménage jeune, célibataire, ayant un niveau d'étude supérieur et vivant seul; ces ménages n'ont jamais migré dans la ville car leur arrivée à Ouagadougou, et donc sur leur parcelle,

est récente; les renseignements sur les parcelles correspondantes n'ont pas été fournis; cela s'explique par le fait que ce type de ménage est locataire ou hébergé; il n'est par conséquent pas toujours en mesure de donner les informations concernant la parcelle; — les «anciens» : caractérisés par un chef de ménage âgé, veuf ou polygame, ayant plus de 10 personnes à charge et non scolarisé; ces ménages, fortement représentés dans le secteur agricole et parmi les natifs de Ouagadougou, sont peu ou pas mobiles et sont installés à Ouagadougou depuis longtemps; ils sont hébergés ou propriétaires, auquel cas ils sont attributaires d'une manière traditionnelle de leur parcelle et possèdent de nombreux bâtiments; — les «modernes» : caractérisés par un chef de ménage monogame, âgé de 30 à 40 ans, propriétaire ou locataire; la mobilité intraurbaine, définie essentiellement par un déplacement du centre vers la périphérie, est nettement plus importante pour ces types de ménage, qui résident principalement sur les parcelles d'attribution moderne et récente.

Ces deux niveaux d'analyse fournissent deux images de l'organisation de l'espace presque similaires aux échelles du ménage et de la parcelle. Ceci s'explique très bien puisqu'il y a en moyenne 1,2 ménage par parcelle, autrement dit la variabilité interne des parcelles est évidemment très faible.

L'analyse de cette variabilité, c'est-à-dire l'analyse [2] du passage entre les niveaux ménage et parcelle (fig. 6b), est cependant très intéressante, car elle donne les profils de ménage qui cohabitent au sein d'une même parcelle. Elle exclut en toute logique les ménages monorésidents et les groupes polyrésidentiels dont les ménages ont des profils parfaitement identiques. Cette analyse met en évidence l'accès au logement en faisant ressortir principalement une forme de cohabitation résidentielle particulière : celle des «propriétaires hébergés». Ceci différencie Ouagadougou des autres grandes villes de l'Afrique de l'Ouest où l'on rencontre surtout une cohabitation de «propriétaires-locataires». Il s'agit là d'un élément essentiel d'organisation sociale ayant une dimension spatiale.

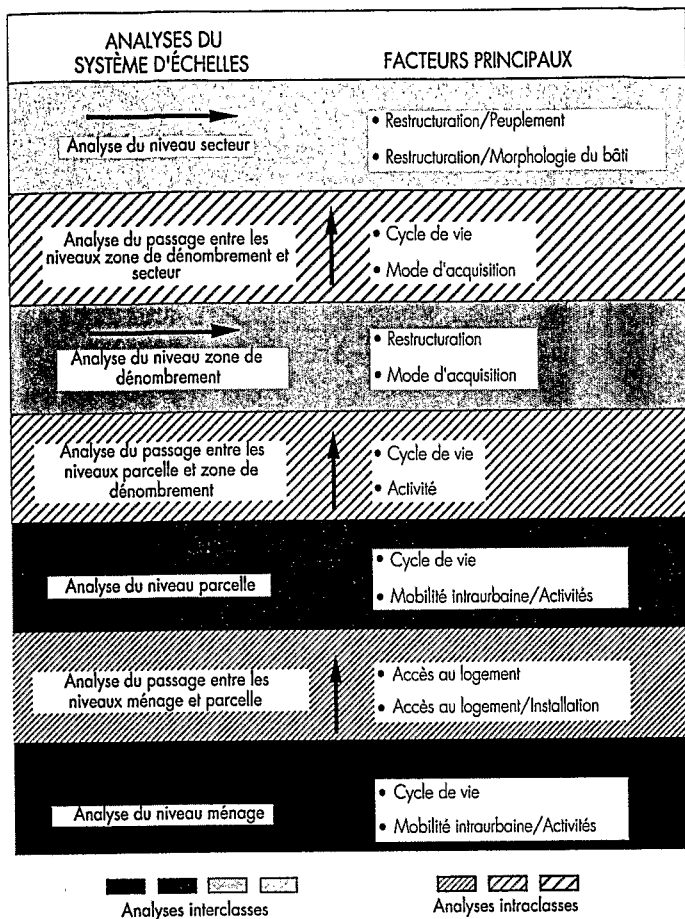


Fig. 5.— Synthèse de l'analyse du système d'échelles à partir de plans factoriels principaux.

Si les phénomènes observés au niveau du ménage sont conservés au niveau de la parcelle, en revanche, des différenciations de l'espace périphérique ouagalais apparaissent aux échelles de la zone de dénombrement et du secteur. Les analyses à ces niveaux, qui peuvent par ailleurs être cartographiées, mettent en évidence une organisation différente. Ce qui se dégage globalement est une grande dispersion des types de ménages donnés par les caractéristiques socio-économiques au sein des zones de dénombrement et, a fortiori, des secteurs.

## 2. Le changement de niveau entre la parcelle et la zone de dénombrement

L'analyse [4] du passage entre les niveaux de la parcelle et de la zone de dénombrement (fig. 6d) montre qu'il existe une forte variabilité interne des zones de dénombrement: elle fait ressortir les profils de parcelles qui sont éliminés dans l'analyse du niveau zone de dénombrement. Ceux-ci sont donnés par les caractéristiques socio-économiques des ménages et définis par le cycle de vie et l'activité. Il existe une grande diversité des parcelles au sein d'une même zone de dénombrement.

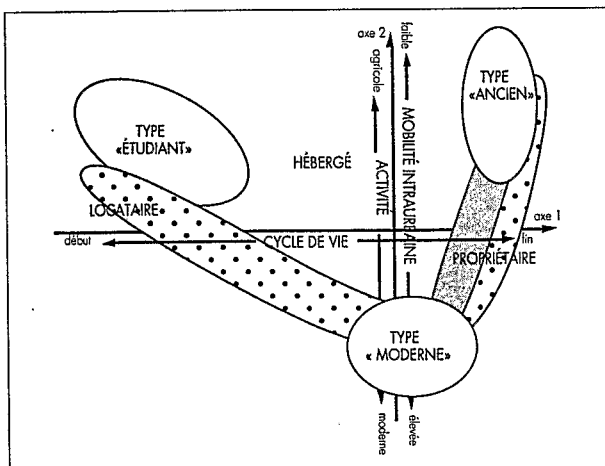


Fig. 6a.— Niveau ménage. Mise en évidence de la relation [1] entre les structures résidentielles et socio-économiques (cycle de vie, mobilité et activité).

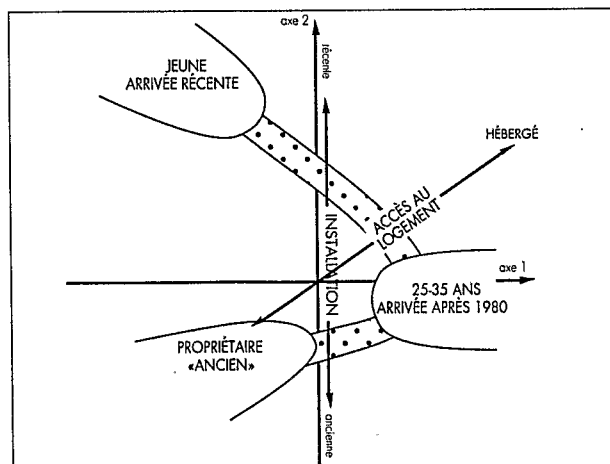


Fig. 6b.— Passage entre les niveaux ménage et parcelle. Perte sur la relation [1] et mise en évidence d'une cohabitation propriétaire hébergé (relation [2]: accès au logement).

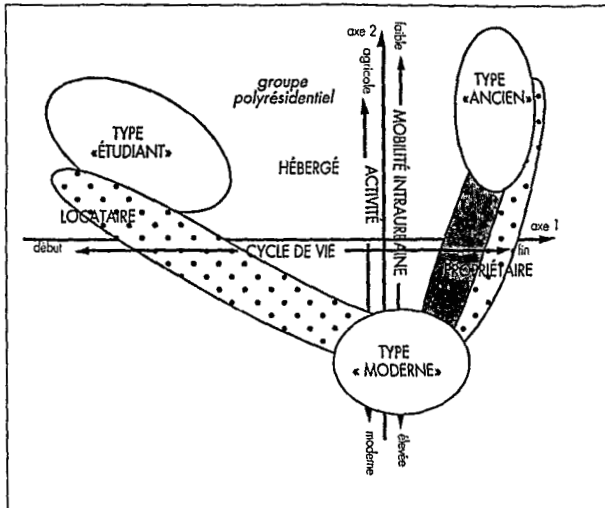


Fig. 6c.— Niveau parcelle.  
Permanence de la relation [1] (cycle de vie, mobilité et activité).

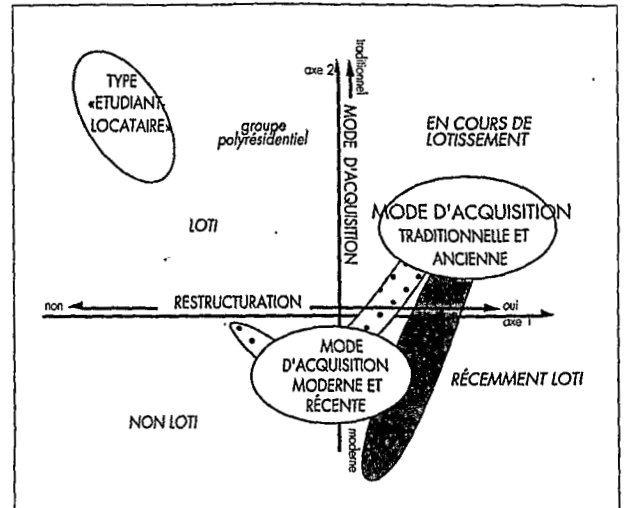


Fig. 6e.— Niveau zone de dénombrement.  
Mise en évidence de la relation [3] entre les opérations d'aménagement, les structures résidentielles et certaines structures socio-économiques (restructuration et mode d'acquisition de la parcelle).

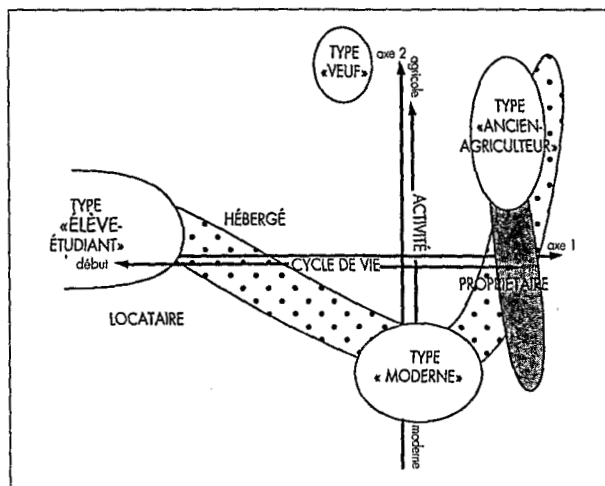


Fig. 6d.— Passage entre les niveaux parcelle et zone de dénombrement.  
Perte de la mobilité sur la relation [1]; mise en évidence des principales structures socio-économiques (cycle de vie et activité).

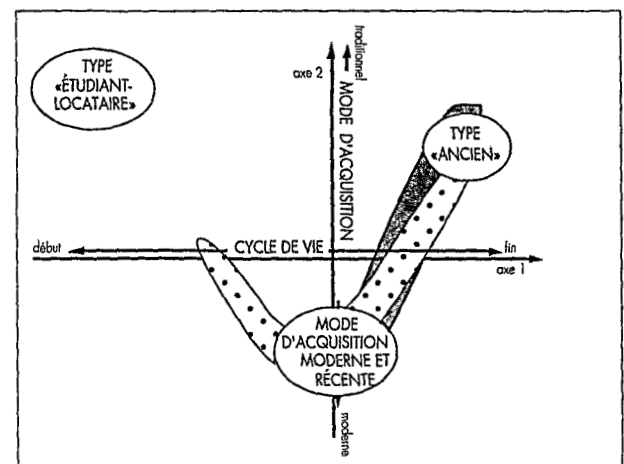


Fig. 6f.— Passage entre les niveaux zones de dénombrement et secteur.  
Permanence des relations [1] et [3]; mise en évidence des principales structures résidentielles et socio-économiques (cycle de vie et mode d'acquisition de la parcelle).

Puisque le cas le plus fréquent est un ménage par parcelle, cela signifie que, s'il existe des regroupements significatifs de ménages de comportement identique au sein d'une même parcelle, on observe également une grande diversité des ménages au sein d'une même zone de dénombrement.

L'analyse [6] au niveau de la zone de dénombrement (fig. 6e) met en évidence principalement une relation entre la restructuration du tissu urbain (nature des opérations de lotissement) et les structures résidentielles (le mode d'acquisition et la date d'installation sur la parcelle) puis certaines

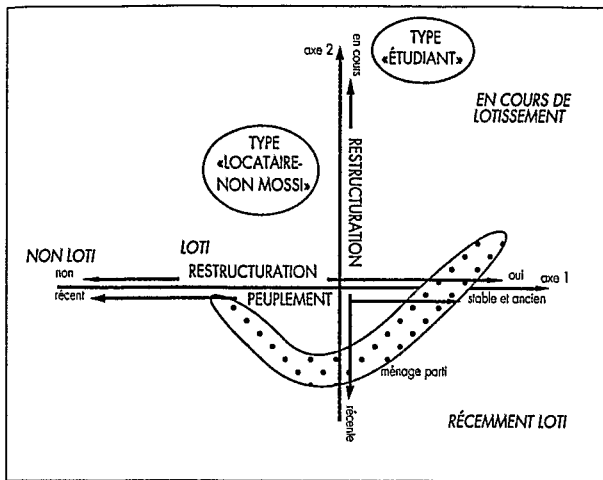


Fig. 6g. — Niveau secteur.

Mise en évidence de la relation [4] entre les opérations d'aménagement et l'intégration urbaine (restructuration et peuplement).

structures socio-économiques définissant des profils de ménages plus marginaux («étudiant locataire», «ancien agriculteur», «ancien originaire de Ouagadougou»).

On s'aperçoit que les étudiants locataires constituent des groupes polyrésidentiels homogènes (et qui ne pouvaient donc pas ressortir dans l'analyse de la variabilité interne des parcelles). On note également la présence plus prononcée des propriétaires dans les zones en pleine restructuration. Globalement, les grandes tendances de l'organisation de l'espace propre à l'échelle de la zone de dénombrement (fig. 7) sont :

- au sud de Ouagadougou, une dominante de ménages récemment arrivés dans la ville et sur leur parcelle, en terrain loti ou non loti;
- sur les terrains du Nord de la ville en pleine restructuration, une dominante de ménages anciennement installés à Ouagadougou et sur leur parcelle, dont le mode d'attribution est traditionnel;
- dispersées sur l'ensemble de la périphérie, des parcelles d'attribution moderne et récente, où l'on ne trouve pas un type de ménage dominant.

### 3. Le changement de niveau entre la zone de dénombrement et le secteur

L'analyse [7] au niveau du secteur (fig. 6g), met en évidence l'organisation de l'espace liée à la restructuration,

c'est-à-dire aux opérations de lotissement ainsi que les caractéristiques morphologiques de l'habitat (superficie et densité du bâti). Puis on distingue des profils de secteurs selon leur capacité à accueillir ou à retenir leur population, donnée par la mobilité intraurbaine et la date d'arrivée à Ouagadougou (fig. 8):

- les secteurs d'accueil (secteurs 15-30), surreprésentés par les terrains lotis ou non lotis et définis comme lieux de peuplement récent et de faible rétention (grande mobilité);
- les secteurs de forte rétention (secteurs 23-24) caractérisés par des espaces en pleine restructuration et définis comme lieux de peuplement ancien et de grande stabilité;
- les secteurs surreprésentés par des terrains récemment lotis et où l'on compte une forte proportion de ménages partis (secteur 21).

Il en ressort que la politique urbaine de l'État est de s'attacher aux lieux traditionnels de rétention. Cependant, le nuage des secteurs est relativement regroupé autour de l'origine du plan. Cela signifie que les secteurs sont proches du profil moyen désignant l'ensemble de la périphérie de la ville et sont donc peu différenciés entre eux. Par ces deux premières cartes, on constate que l'information obtenue au niveau de la zone de dénombrement a été transformée.

L'analyse [6] du passage entre les niveaux de la zone de dénombrement et du secteur (fig. 6f) met en évidence les mêmes types de ménages que l'analyse au niveau de la zone de dénombrement («étudiant locataire», «ancien agriculteur», «ancien Ouagalais» et les ménages résidant sur des parcelles d'attribution moderne et récente). Il n'y a plus de différenciation spatiale des structures socio-économiques, qui sont éliminées au niveau du secteur.

La figure 9, correspondant à l'analyse du passage entre ces deux niveaux, permet de représenter la variabilité interne des secteurs et de différencier les secteurs plus ou moins homogènes quant aux profils des zones de dénombrement.

On dissocie:

- les secteurs globalement homogènes (secteurs de faible variabilité tels que les secteurs 26, 21, 24) dont les zones de dénombrement sont semblables quant aux structures dégagées par le plan principal (concentration des zones autour de l'origine);
- les secteurs globalement hétérogènes (secteurs de forte variabilité) où les zones qui les constituent sont très

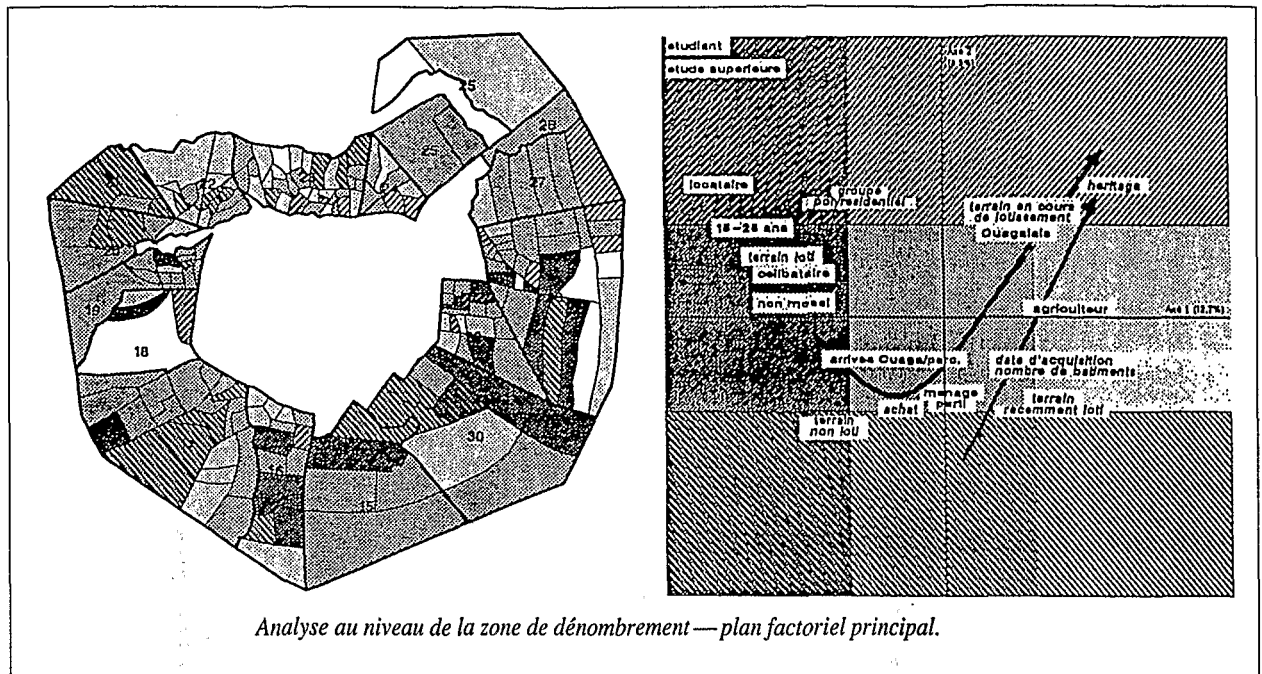


Fig. 7 — Ouagadougou: niveau zone de dénombrement.

diversifiées par le comportement des ménages (notamment les secteurs 16, 28, 27, 19).

Cette figure traduit bien le recentrage de chaque secteur sur son centre de gravité (fig. 2). La localisation des principaux types de ménages de la périphérie ouagalaise est peu marquée par les opérations publiques d'aménagement du tissu urbain. Celles-ci ont surtout une influence sur la forme de l'habitat. On identifie cependant quelques éléments sociologiques tels que le niveau d'instruction élevé ou l'installation ancienne à Ouagadougou, qui interviennent dans la structuration de l'espace à un niveau géographique plus général.

#### 4. Synthèse de l'analyse du système d'échelles sur la périphérie de Ouagadougou

Ce système d'échelles est intéressant car il permet de rendre compte des trois cas de figure possibles pour identifier l'homogénéité des niveaux: homogénéité très marquée pour certains niveaux, hétérogénéité très marquée pour d'autres niveaux ou modification progressive des phénomènes d'un niveau à un autre.

Les structures des nuages sont sensiblement équivalentes à l'exception des deux analyses qui définissent une organisation des données très différente: celle du passage entre les niveaux du ménage et de la parcelle et celle du niveau du secteur. Cela s'interprète de la manière suivante:

— l'analyse du passage entre les niveaux du ménage et de la parcelle (fig. 6b) a une configuration très différente de l'analyse au niveau du ménage (fig. 6a): l'analyse au niveau d'agrégation de la parcelle (fig. 6c) conserve la stabilité de l'organisation originelle obtenue au niveau du ménage et ce niveau est constitué de parcelles très homogènes (ce qui est évident puisque la majorité des parcelles ne compte qu'un ménage);

— l'analyse au niveau du secteur (fig. 6g) ne se structure pas comme celle du niveau immédiatement inférieur, la zone de dénombrement (fig. 6f); l'analyse du passage entre les niveaux de la zone et du secteur et celle du niveau de la zone de dénombrement rend compte globalement d'une même forme de nuage; les secteurs sont globalement hétérogènes, c'est-à-dire sont composés de zones de dénombrement de profils très différenciés donnés par le plan factoriel principal;



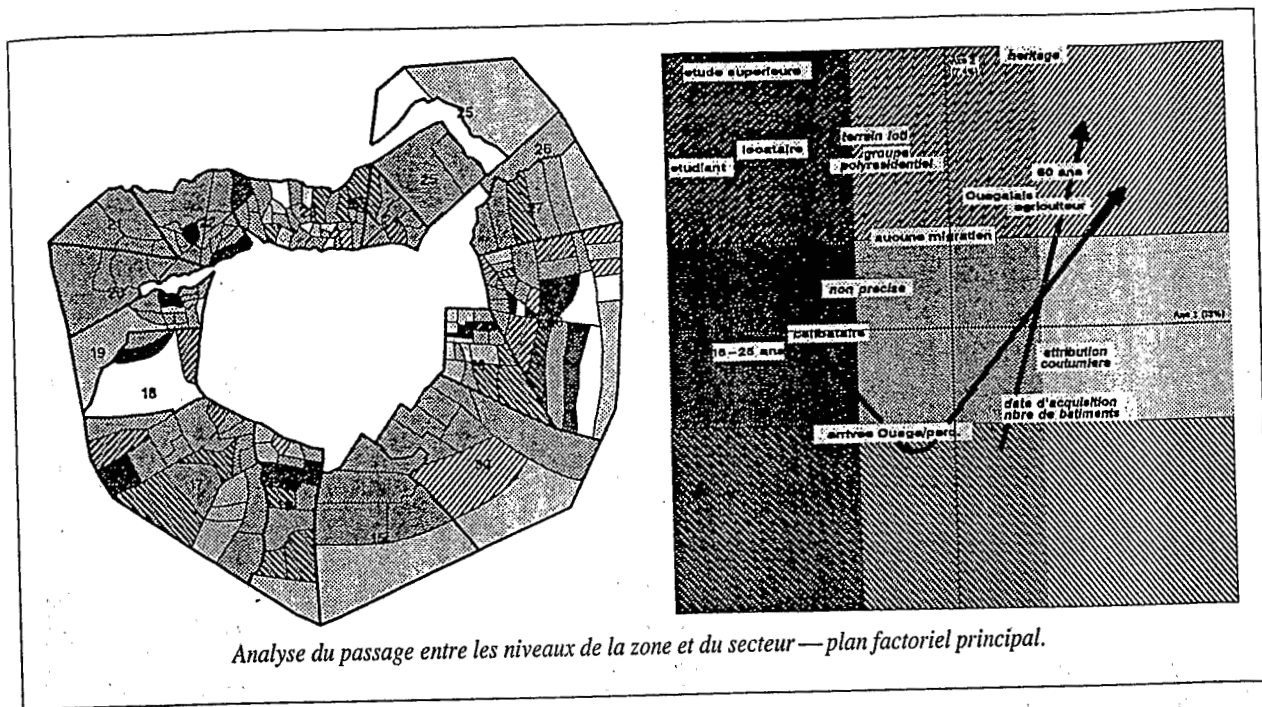


Fig. 8.— Ouagadougou: passage entre les niveaux zone et secteur.

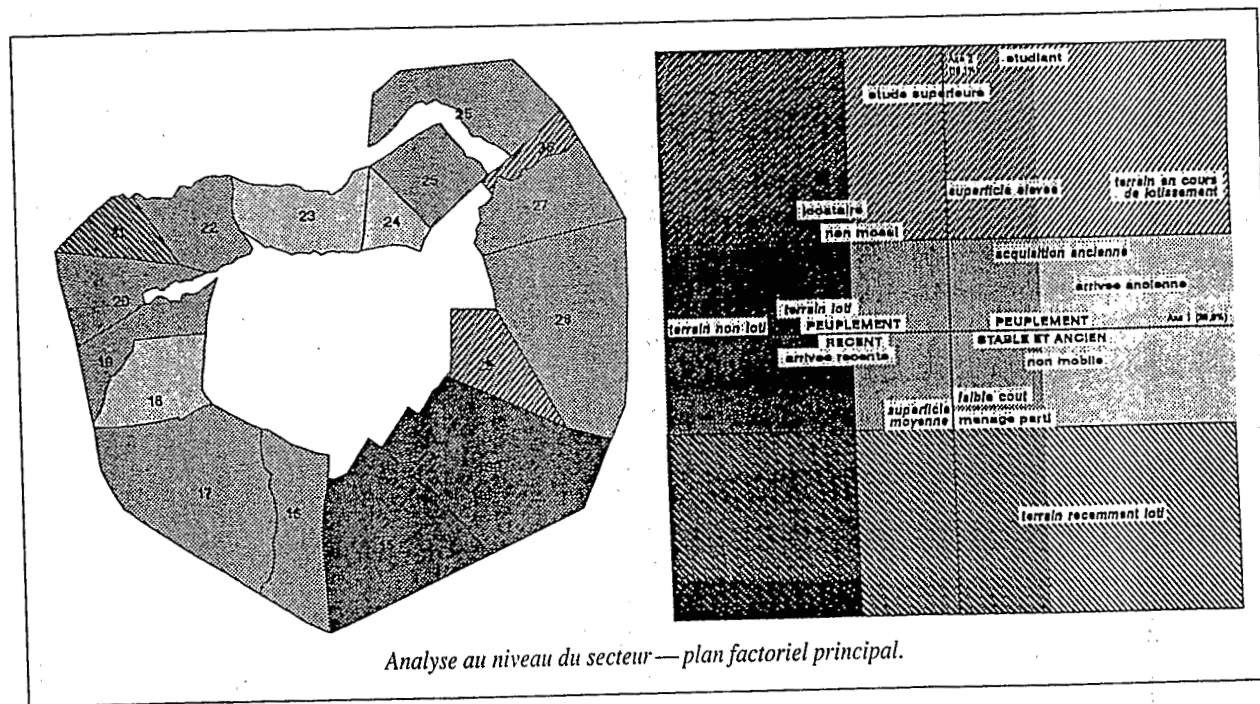


Fig. 9.— Ouagadougou: niveau secteur.

— à l'examen des analyses des niveaux du ménage (fig. 6a), de la parcelle (fig. 6c), puis de la zone (fig. 6e) et des passages entre la parcelle et la zone (fig. 6d) et entre la zone et le secteur (fig. 6f), nous retrouvons une même forme de nuage décrivant le cycle de vie en relation avec le mode d'acquisition de la parcelle, bien que ce ne soient pas les mêmes éléments qui contribuent à chaque fois à la construction des facteurs. Cela signifie qu'entre les niveaux de la parcelle et de la zone de dénombrement, les phénomènes qui reposent essentiellement sur une relation entre les structures résidentielles et socio-économiques se modifient progressivement dans l'espace.

La structure identique de ces nuages et la contribution importante de la variable «opérations de lotissement», au niveau de la zone, (qui masque le rôle des variables de ménages intervenant dans les analyses des niveaux plus fins), permettent de conclure qu'il n'y a pas de relation entre les opérations d'aménagement et une organisation sociale sur la périphérie de Ouagadougou: autrement dit, à la date de l'enquête (1987), les opérations d'aménagement n'ont pas encore entraîné de processus de ségrégation sociale. Cette absence de relation apparaît au niveau de la zone de dénombrement et se confirme au niveau du secteur, dont l'analyse n'identifie pas une correspondance entre une organisation sociale et une organisation spatiale. Seuls certains types de ménages très marginaux tendent à se regrouper géographiquement aux deux échelles géographiques. Plus généralement, les quelques regroupements sociologiques sont définis surtout par la date d'installation à Ouagadougou et sur la parcelle dissociant la périphérie suivant les quartiers anciens au Nord, et les quartiers de peuplement plus récent au Sud.

## Conclusion

L'analyse de ce système d'échelles permet d'organiser l'exploitation de l'enquête et fournit des éléments pour comprendre l'organisation sociale et résidentielle, où les niveaux de la parcelle et du ménage sont les plus indiqués; pour étudier la politique d'aménagement urbain et ses conséquences, où le niveau du secteur est le plus adéquat; enfin, pour saisir la relation entre les variables descriptives du milieu (habitat et tissu urbain) et celle du groupe résidentiel, où le niveau de la zone de dénombrement est le plus adapté.

L'étude des plans factoriels peut être, dans un premier temps, suffisante pour dégager ce qui est déterminant dans la structuration de l'espace périphérique urbain en fonction des variables choisies, c'est-à-dire une dispersion de la population qui ne caractérise ni un secteur particulier, ni un type d'opération systématique de lotissement. L'organisation aux deux niveaux géographiques dont nous disposons ne met pas en valeur une correspondance étroite entre une organisation sociale et une organisation spatiale. Seuls certains types de ménages («étudiants locataires») tendent à se regrouper géographiquement. Ainsi, dans cet espace périphérique ouagalais en pleine restructuration, plus on régionalise, plus on perd le lien entre l'espace habité et sa population. Mais ce lien existe au niveau géographique le plus fin, la parcelle. Il s'exprime, non pas par les variables descriptives de la morphologie de l'habitat, mais sur les variables descriptives du mode d'accès à cet habitat. La structuration morphologique de l'espace résidentiel par la politique urbaine publique existe, mais ne provoque apparemment pas de regroupements sociaux.

Peu de méthodes d'analyse spatiale permettent de traiter l'emboîtement de deux niveaux géographiques ou plus. En étudiant un système d'échelles complet, nous avons voulu tenir compte du problème de l'analyse de données agrégées et des effets de l'agrégation, dans le cadre de variables qualitatives. Travailler simultanément sur plusieurs échelles permet de décider du niveau d'analyse pertinent pour un phénomène donné et de saisir l'influence des mêmes facteurs sur des niveaux différents. Cela nous conduit à réfléchir parallèlement à la pertinence des découpages géographiques presque toujours arbitraires servant de base à la stratification et à la cartographie. La méthode d'analyse du système d'échelles que nous proposons est simple à mettre en œuvre puisque tout repose sur la construction de tableaux adaptés aux variables qualitatives et auxquels il s'agit d'appliquer une analyse factorielle des correspondances classique.

## Références

- CHARRE J., MIELLET PH., WANIEZ PH. (1991). *Pratique des systèmes d'information géographique raster*. Montpellier: GIP RECLUS, coll. «Reclus mode d'emploi», n° 18, 50 p.

- FOTHERINGHAM A.S., WONG D.W.S. (1991). "The modifiable areal unit problem in multivariate statistical analysis". *Environment and planning A*, vol. 23, p. 1 025-1 044.
- GRASLAND C. (1991). *Espaces politiques et dynamiques démographiques en europe*. Université de Paris I: thèse d'université.
- HAGGETT P. (1973). *L'Analyse spatiale en géographie humaine*. Paris: Armand Colin, 390 p.
- OPENSHAW S. (1981). «Le problème de l'agrégation spatiale en géographie». *L'Espace géographique*, n° 1, p. 15-24.
- PIRON M. (1990). *Structuration de l'information à plusieurs niveaux et analyse des données: application aux données d'une enquête socio-économique à Ouagadougou (Burkina Faso)*, Paris VI: thèse d'université, 265 p.
- PIRON M. (1992). *Analyse statistique d'un système d'échelles*. Paris: Orstom, Réseau ADOC, Document de travail, n° 4, 210 p.
- ROZENBLAT C. (1989). «Différenciations spatiales et sociales dans un espace urbain: les quartiers de Paris». *L'Espace géographique*, n° 3, p. 264-272.
- SANDERS L. (1989). *L'Analyse des données appliquée à la géographie*. Montpellier: GIP RECLUS, coll. «Alidade», 267 p.

**Vient de paraître**

Collection D.I.E.M. n°15  
**GEOGRAPHIE  
 DU TOURISME ET  
 DES LOISIRS**  
 par DEWAILLY Jean-Michel et  
 FLAMENT Emile  
 6 hors-textes couleur, 53 documents  
 1993, 288 pages (13,5x24) 180 FF

Collection Mobilité Spatiale  
**TOURISME  
 ET TRANSPORT**  
 par WACKERMANN Gabriel  
 40 figures  
 1993, 280 pages (16x24) 195 FF

Sous la direction de  
 METTON Alain et GABERT Pierre  
**COMMENTAIRE  
 DE DOCUMENTS  
 GEOGRAPHIQUES  
 DE LA FRANCE**

par BALABANIAN Olivier,  
 CHARDON Michel,  
 CIATTONI Annette, GABERT Pierre,  
 HINSCHBERGER Félix, METTON Alain  
 et STEINBERG Jean  
 83 cartes IGN couleur, 37 photos noir et  
 couleur, 54 illustrations  
 1992, 424 pages (16 x24) 248 FF

Catalogue sur demande - Editions SEDES, Service IG  
 88, boulevard Saint-Germain 75005 Paris

**Editions SEDES**

88, boulevard Saint-Germain  
 75005 Paris

Tél. (1) 43 25 23 23 - Fax : (1) 46 33 57 15  
 Telex : EDSEDES 206 701 F