

UNIVERSITÉ MONTPELLIER III – PAUL VALÉRY
Arts et Lettres, Langues et Sciences Humaines et Sociales
UMR 6012 ESPACE - CNRS

THÈSE DE DOCTORAT DE GÉOGRAPHIE

Structures spatiales et mises en réseaux de villes pour la régionalisation des territoires

Présentée et soutenue publiquement à Montpellier le 16 décembre 2004 par

Lahouari KADDOURI

Sous la direction de M. Jean-Paul Cheylan, directeur de recherche CNRS

Membres du Jury :

Mme le Professeur Thérèse SAINT-JULIEN - Université Paris 1 - Rapporteur

Mme le Professeur Christine VOIRON - Université de Nice

Mme France GUERIN-PACE - Chargé de Recherche, INED

M. le Professeur Pierre DUMOLARD - Université Grenoble 1 - Rapporteur

M. Pierre GARMY - Conservateur du Patrimoine - Ministère de la Culture

M. Jean-Paul CHEYLAN - Directeur de Recherche, CNRS

Structures spatiales et mises en réseaux de villes pour la régionalisation des territoires

Lahouari KADDOURI

« L'important c'est pas d'où on vient, mais où on veut aller... Ensemble ! »
(K. Zéribi¹, 2004)

« Plus vite c'est mieux fait, mieux c'est urgent »
(Proverbe wariol, fin 20^e siècle)

¹ Chroniqueur, RMC Info.

Table des matières

Introduction	13
Réseaux et territoires.....	15
Quelle régionalisation ?.....	18
Réseaux et villes en réseaux.....	20
Vers une régionalisation des systèmes urbains	22
La théorie des graphes parmi d'autres méthodes	27
Partie 1. Régionalisation, structures spatiales et mises en réseaux de villes	31
Chapitre 1. Régionalisation et découpages de l'espace.....	35
A. La région : de la notion au concept ?	37
A.1. De la région naturelle aux régions urbaines et métropolitaines.....	37
A.2. La région sans qualificatif : limite, taille et cohérence interne	42
B. Régionalisation et zonage de l'espace.....	45
B.1. La régionalisation des territoires	45
B.2. Maillage territorial et maillage spatial	48
B.3. Les zonages de l'espace.....	50
C. Villes et zonages des territoires.....	54
Conclusion	57
Chapitre 2. Systèmes de villes et structures spatiales	59
A. Les villes en systèmes	60
A.1. La ville	60
A.2. Les systèmes de villes	62
B. Fonctionnements et caractéristiques des systèmes de villes.....	68
B.1. Les espacements entre les villes	69
B.2. Les hiérarchies urbaines	73
B.2.1. L'organisation hiérarchique et les emboîtements de niveaux dans les systèmes de villes.....	74
B.2.2. La mise en évidence des niveaux de villes	78
B.2.3. Tailles démographiques et hiérarchie urbaine.....	80
C. Structures spatiales : mesures d'espacement et de hiérarchie	84
C.1. Structures spatiales et espacement.....	84
C.1.1. Espaces, distances et métriques	85
C.1.2. Modèles et analyses de répartitions spatiales.....	89
C.1.2.1. Les modèles de répartitions spatiales	89
C.1.2.2. La technique des plus proches voisins et la statistique R.	90
C.1.2.3. Répartitions spatiales et analyses de proximité et de voisinage	93
C.2. Structures spatiales et hiérarchies urbaines	100
C.2.1. Indices et distributions théoriques des tailles de villes	100
C.2.2. Modèles et analyses de distribution de tailles des villes	106
C.3. Structures et organisation spatiales.....	109
C.3.1. Un modèle d'organisation spatiale : les lieux centraux selon W. Christaller.....	110
C.3.2. Pour l'analyse des organisations spatiales	114
C.3.2.1. Les espacements « hiérarchisés » dans un système de villes	115
C.3.2.2. Les rapports de tailles « spatialisés » dans un système de villes.....	118
C.3.2.3. Comparaison d'une distribution spatiale observée au modèle de W. Christaller ...	118
Conclusion	120

Chapitre 3. Mises en réseau de villes sur la base de proximités, de voisinages et de hiérarchies urbaines.....	121
A. Réseaux de villes et théorie des graphes.....	125
A.1. Les graphes et les arbres	125
A.1.1. Les graphes	126
A.1.2. Les arbres.....	130
A.2. Analyse des réseaux de villes par l'analyse des graphes et des arbres.....	132
B. Des réseaux de villes de proximité et de voisinage	136
B.1. Des réseaux de villes de proximité	138
B.2. Des réseaux de villes de voisinage.....	140
C. Des réseaux de villes hiérarchisés	145
C.1. Les réseaux de villes de voisinages hiérarchisés.....	149
C.2. Réseaux de villes de proximités hiérarchisés.....	151
C.3. Réseaux de villes de proximités hiérarchiques par des niveaux de tailles de villes.....	155
D. La régionalisation des territoires : regroupements des villes à partir des graphes de relations	162
D.1. Regroupements sur des critères d'espacements : graphes de relations valués	164
D.1.1. Portée et diamètre	164
D.1.2. Nombre fixé de sous-graphes disjoints	165
D.1.3. Variances dans le graphe : « homogénéité, séparation et inertie ».....	165
D.2. Regroupements sur des critères de populations : graphes de relations pondérés	166
D.3. Regroupements sur des critères de populations et d'espacements : graphes de relations pondérés et valués.....	167
D.4. Regroupements à partir de p -graphes	167
D.5. Conclusion sur le « vrai » problème de la délimitation	168
Conclusion.....	170
Conclusion	173
Partie 2. Mise en réseau de villes : deux applications.....	175
Chapitre 4. Mise en réseau fonctionnel pour une aide à l'analyse de l'organisation d'un territoire antique. Le cas de la Cité de Luteva.....	179
A. La Cité antique de Luteva.....	182
A.1. Le territoire de la Cité : le Lodévois et ses sites archéologiques	182
A.2. L'organisation du territoire antique et de sa société	186
A.3. La hiérarchisation des sites archéologiques	187
B. Pour la mise en réseaux des sites	191
B.1. La constitution d'un Système d'Information Géographique (S.I.G.).....	192
B.2. Simulation des déplacements de la population	194
B.2.1. La fonction de déplacement	194
B.2.2. Les chemins théoriques : simulations et mesure d'espacement.....	195
B.2.3. Chemins théoriques et chemins observés pour valider notre modèle.....	197
B.3. Mesures d'accessibilités : une première analyse de l'organisation spatiale de la Cité.....	198
B.3.1. Accessibilités du territoire aux sites.....	198
B.2.4. Accessibilités moyennes des sites	201
C. Mises en réseaux fonctionnels des sites : analyses et performances.....	203
C.1. Modélisation des réseaux locaux d'habitats.....	205
C.2. Modélisation des réseaux locaux d'habitats multiniveaux emboîtés	209
Conclusion.....	212
Chapitre 5. Structures spatiales et mises en réseaux des villes européennes pour définir un arc méditerranéen.....	217
A. Le système de villes européennes.....	221
A.1. Villes et mailles administratives	221
A.2. La répartition régionale des villes européennes.....	225
A.2.1. Les espacements entre les villes.....	226
A.2.2. Répartition et dispersion des semis régionaux	227
A.3. Les hiérarchies urbaines régionales européennes	229
A.3.1. Les distributions régionales rang-taille des villes	229
A.3.2. Macrocéphalies des Régions européennes	233
B. Mises en réseaux des villes et régionalisations européennes	236

B.1. Les mises en réseaux des villes européennes.....	236
B.1.1. Réseaux de voisinage et de proximité spatiale.....	237
B.1.2. Mise en réseaux selon les populations	241
B.1.3. Mises en réseaux selon des niveaux de populations	243
B.2. La régionalisation des territoires pour définir un arc méditerranéen	245
C. Vers des réseaux de villes hiérarchisés	249
C.1. L'analyse des répartitions spatiales des réseaux de villes	250
C.2. L'analyse des organisations hiérarchiques des réseaux de villes.....	256
C.2.1. Compositions et primaties des réseaux de villes.....	257
C.2.2. Pour définir des réseaux de villes hiérarchisés	259
C.3. L'analyse des organisations spatiales des réseaux de villes	263
C.3.1. L'analyse des espacements hiérarchisés et des hiérarchies spatialisées.....	264
C.3.2. Réseaux de villes et modèle de lieux centraux.....	268
C.3.2.1. Comparaison des distributions spatiales des réseaux méditerranéens au modèle des lieux centraux	269
C.3.2.2. Mises en réseaux des lieux centraux	271
Conclusion	273
Conclusion générale.....	275
Bibliographie	281
Table des figures.....	305
Table des cartes.....	307
Table des tableaux	309

Avant-propos

Lorsque nous avons débuté notre thèse, nous pensions l'intituler : « Les systèmes de villes pour la régionalisation des territoires ». Elle est finalement devenue : « Structures spatiales et mises en réseaux de villes pour la régionalisation des territoires ». Certes, nos questionnements ont évolué au cours de notre recherche, nos références bibliographiques se sont étoffées, notre savoir et notre compréhension des faits géographiques de la régionalisation se sont enrichis. Mais ce ne sont pas toutes ces raisons qui ont fait que nous en avons changé le titre. La raison principale réside dans le fait que le premier titre exprimait une vision de la régionalisation par trop conceptuelle et pas suffisamment méthodologique. En effet, nous avons délibérément choisi une posture scientifique reposant sur des critères simples, mais que nous avons approfondie sur le plan de la construction conceptuelle en articulant sans opposer « homogénéité » et « hiérarchie » des territoires régionaux.

Une précision s'impose ici sur le choix du terme « régionalisation » dans le titre de cette thèse. Alors que la régionalisation fait référence directement à des frontières, des délimitations, « des découpages de territoires », il n'est jamais question pour nous de proposer des techniques permettant d'en dessiner les contours surfaciques. Le but est de regrouper des villes et de proposer un ensemble méthodologique qui s'intégrera dans les visions existantes de définitions des contours territoriaux aux régions. C'est donc une première étape vers la régionalisation des territoires, qui cherche à faire émerger des structures spatiales² de regroupements de villes, de réseaux de villes et à apporter une aide à la compréhension des organisations spatiales régionales. Ces mises en réseaux théoriques de villes, basés sur des informations basiques, pourront aider à penser et à visualiser les régionalisations institutionnelles et les coopérations intercommunales qui ne

² La structure spatiale est une forme particulière dans le mode d'organisation des éléments d'un espace (Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992). Elle se caractérise dans notre cas par les attributs des villes (leur localisation, leur taille par exemple) et par les relations qu'elles entretiennent (tous types de liens).

peuvent reposer que sur des volontés politiques. Les regroupements proposés de villes doivent être vus comme des régionalisations possibles dont les contours pourraient offrir un cadre de collaboration qui semble équilibré (au sens de l'équilibre que nous proposons entre homogénéité et hiérarchie).

Enfin, une seconde précision s'impose sur mes *références bibliographiques*. On pourra s'étonner parfois que ces références soient très récentes alors que les grands travaux sur certains concepts ont été réalisés il y a quelques dizaines d'années. C'est notamment le cas pour le concept de « région » pour lequel les écrits récents de certains auteurs reprennent des arguments développés par ces mêmes auteurs depuis les années 1960. C'est notamment les cas, entre autres, de Paul Claval, Henri Nonn, Roger Brunet ou encore Antoine S. Bailly.

Introduction.

La régionalisation est actuellement largement débattue dans toutes les instances politiques où s'opère la décentralisation du pouvoir entre notamment l'État et les collectivités locales. On oublie pourtant souvent que la régionalisation, si elle repose sur un processus territorial, est aussi un processus spatial. Elle est spatiale parce qu'elle se constitue sur des structures spatiales héritées tout en les mettant en œuvre. La région constitue un territoire à partir d'une cohérence territoriale qui s'appuie sur des réseaux spatiaux. Une partie de ces réseaux forme les systèmes urbains. Ces derniers peuvent dynamiser les réseaux dans des boucles cumulatives de renforcement qui s'opèrent à la fois entre les réseaux spécialisés et entre les différents lieux de l'espace régional.

C'est le système formé par les notions de *territoires*, de *villes* et de *réseaux* que nous souhaitons remettre en perspective dans les processus ou les volontés de régionalisation. L'approfondissement de ce système pour la régionalisation se pose en complément des approches de gouvernance. Nous n'avons pas l'ambition d'intégrer tout l'apport de la géographie régionale, de la géographie urbaine ou de la science régionale, mais simplement développer comment l'articulation des réseaux et en particulier des réseaux de villes peut contribuer à la formation de régions cohérentes. Ainsi, l'approche par l'espace des réseaux et par les réseaux de villes, permet de définir des territoires qui donnent à penser les régionalisations souhaitables ou souhaitées à partir des propriétés des territoires et de leur organisation.

Réseaux et territoires

Le territoire s'organise autour et par les réseaux. Ils sont une forme d'inscription du pouvoir sur les territoires (Raffestin C., 1979), que ces réseaux soient considérés comme un ensemble de nœuds, ensemble de liens, ou les deux à la fois. Leurs morphologies représentent le squelette de l'organisation spatiale. Dans le modèle développé par W. Christaller, par exemple, le réseau de lieux centraux traduit une forme particulière de réseau urbain qui est à la fois cause et conséquence de son organisation spatiale (cf. Figure 10, p.111). Les réseaux peuvent ainsi révéler l'organisation de l'espace. Suivant

leurs formes, leurs natures, leurs sens et leurs directions, l'organisation spatiale se dégage et renseigne sur les stratégies qu'elle sous-tend.

Les réseaux font plus que participer à l'appropriation de l'espace, ils en sont une empreinte. Il n'est pas surprenant que les discontinuités relevées parfois autour des réseaux permettent de dessiner les limites d'influence de territoires, aux dimensions souvent mouvantes, quand elles ne sont pas floues (Frémont A., 1976) et de définir par là des découpages spatiaux. Les réseaux urbains, interurbains, d'ensemble de villes et de leurs relations, permettent, par exemple, la définition d'entités spatiales servant de bases à l'analyse ou à la gestion. C'est ce qui a été réalisé avec les Zonages en Aires Urbaines, et autour des relations d'intercommunalité en général basées sur les flux et les échanges (cf. p.52, p.56). La délimitation de réseaux intercommunaux autour de relations de fréquentation de commerces, de services et d'équipements en Languedoc-Roussillon, réalisée par J.-L. Bonnefoy (1996) permet le découpage de ce territoire. L. Lalanne au XIX^e siècle utilisait le réseau interurbain des routes pour construire des découpages : « *l'ensemble des nœuds et de leurs aires crée [alors] des pavages* » (Philbrick A.K., 1956³). Dans d'autres cas, ce sont les réseaux qui sont eux-mêmes les supports de discontinuités spatiales ou de barrières telles que celles qu'engendrent des voies ferrées, des autoroutes.

La place des réseaux en général, et celle des villes en réseaux en particulier, est si déterminante dans les organisations des territoires que même les pouvoirs institutionnels réfléchissent à la création de réseaux « institutionnels » pour organiser le territoire, de manière équitable. Ces réseaux sont alors vus comme une réponse à de meilleurs drainages et irrigations des richesses. À l'échelle européenne, la construction de ce type de réseaux de villes est préconisée dans une optique d'égalité et de complémentarité entre les villes d'un réseau et entre les réseaux de villes. Un maillage serait alors défini autour de ces réseaux disjoints pour construire le « polycentrisme maillé » (Datar, 2002 ; Baudelle G., Castagède B., Guigou J.-L., 2002).

En Europe, c'est ce que préconise les régions programmes autour des métropoles visant à une meilleure « cohérence territoriale ». En France, les *Réseaux de villes*, alliance de villes proches et de tailles comparables, institutionnalisés en France dès 1991, suivent cette démarche de partage et de complémentarité. Toutefois, ils sont peu nombreux et ne concernent qu'un nombre très limité de villes sur l'ensemble du territoire national.

Du point de vue de thématiques industrielles ou économiques, des études sur les réseaux interurbains regroupent des villes en fonction des formes d'organisation spatiale

³ Cité par G. Baudelle et P. Pinchemel (1986)

que les activités engendrent. Ces études s'attachent à analyser les phénomènes observés à partir des relations fonctionnelles spécifiques. Dans les analyses récentes, nous avons relevé celle réalisée par J.-L. Bonnefoy (1996) dans l'analyse des fréquentations des commerces et des services en Languedoc-Roussillon ; ce fut le cas également, et à d'autres niveaux d'observations, de l'analyse des liens aériens par N. Cattani (1992), ou celle des réseaux d'entreprises par C. Rozenblat (1992). De ces analyses, se dégagent des organisations fonctionnelles et spatiales qui construisent des réseaux de villes. Mais il n'est pas toujours possible d'effectuer une partition complète de l'espace autour de ces armatures urbaines, soit parce qu'elles constituent des sous-ensembles disjoints (des vides ne font pas partie de la partition, non respect de l'adjacence, pas de frontière commune), soit parce que les intersections entre ces ensembles de villes ne sont pas vides (condition de contiguïté non respectée).

Quelle régionalisation ?

En général, la régionalisation des territoires se fait par la mise en évidence de structures spatiales différentes, de part et d'autre d'une délimitation territoriale et à l'intérieur de maillages territoriaux. Cette discontinuité spatiale est souvent renforcée par des effets plus ou moins élevés de ces mailles. Quelles que soient les dimensions des mailles, même les plus petites possibles, ces effets existeront toujours : les effets de mailles s'amoindrissent mais ne disparaissent pas. Pour faire abstraction de tout maillage, l'idée centrale de notre recherche est d'effectuer une régionalisation partant uniquement d'un ensemble de villes que l'on peut mettre en réseau. Plus concrètement il s'agit de montrer que les villes peuvent être mises en réseaux de « manière théorique », d'une part, et que la construction de ces réseaux peut se baser sur les principes de fonctionnement et sur les caractéristiques des systèmes de villes, d'autre part, dans un objectif commun : **la construction de régions basée uniquement sur des systèmes de villes.**

L'approche par les réseaux de villes est utilisée pour créer des découpages spatiaux. C'est le cas dans les zonages de l'espace autour de réseaux de villes comme les Aires Urbaines, les *Réseaux de villes*, les Agglomérations, les Districts. Élaborées dans un but de complémentarité, certaines de ces entités spatiales sont uniquement nées d'une volonté politique d'alliance. Ils ne forment pas pour autant des régionalisations, car ils ne couvrent pas l'espace tout entier.

Les systèmes de villes sont rarement utilisés pour faire de la régionalisation, ils sont plutôt utilisés comme révélateur de structures régionales. Ce sont par exemple, les célèbres travaux de Juillard et H. Nonn (1976) pour caractériser les régions européennes (les types de régions « *Rhénanes, Parisiennes ou Périphériques* ») ou ceux de Chr. Voiron (1993) pour caractériser les structures spatiales des Régions de l'arc méditerranéen latin.

Tout a-t-il été fait, pour autant, sur les régionalisations ? Nous ne le pensons pas car l'approche par la modélisation des interactions spatiales à l'intérieur d'un système de villes peut conduire à délimiter des réseaux de villes autour desquels une régionalisation du territoire est permise. Il nous semble alors possible d'apporter une contribution inédite à l'ensemble des recherches déjà effectuées car des questions n'ont jamais été posées⁴.

⁴ Tout du moins, nous les avons jamais trouvées dans nos références.

- Sur des territoires dépourvus de maillages, ne pourrions-nous pas, à partir des connaissances générales des systèmes de villes proposer des régionalisations ?
- Le fonctionnement des villes en systèmes ne permettrait-il pas à partir de ses caractéristiques et de ses propriétés de déterminer des réseaux de villes autour desquels une régionalisation des territoires serait possible ?
- Les systèmes de villes (l'approche par la globalité, les interactions, etc.) ne permettraient-ils pas de déterminer des composantes de réseaux de villes complémentaires ?
- Peut-on trouver un moyen simple et pertinent pour réaliser la régionalisation d'un territoire à partir et autour des réseaux de villes ?

C'est bien pour combler ce vide dans notre corpus méthodologique que nous avons alors émis plusieurs hypothèses :

- C'est en représentant les interactions spatiales à l'intérieur d'un système de villes que l'on délimite des réseaux de villes autour desquels une régionalisation est permise.
- Ces interactions spatiales peuvent être modélisées sur la seule base de la configuration des systèmes de villes (théoriques) et des caractéristiques des systèmes étudiés (empiriques).
- Ce sont les structures spatiales des systèmes qui peuvent déterminer ces réseaux de villes.

Avant de présenter la démarche et le plan que nous proposons de suivre pour répondre à ces questionnements, précisons l'importance des réseaux et des villes en réseaux dans les organisations spatiales.

Réseaux et villes en réseaux

Les relations entre les villes sont causes et conséquences du développement territorial. Mais pour autant une entité spatiale construite autour de ces réseaux interurbains constitue-t-elle un territoire ? Au sens le plus large, un territoire est un espace approprié par une société, un groupe d'individus, ayant conscience de cette appropriation, à la fois politique, idéologique et économique (Raffestin C., 1979 ; Brunet R., 1986 ; Di Méo G., 1998). Dans ses dimensions sociales et culturelles, le territoire n'exige pas de limites ou de frontières ; seule « *sa dimension politique ne saurait s'en passer* » (Maurel M.-Cl., 1984). Quel qu'il soit, le territoire ne peut cependant pas se passer d'un treillage (réseau matériel) ou d'un réseau immatériel⁵, indispensables non seulement au contrôle du territoire mais également à la circulation des hommes, des informations et des biens (Brunet R., Dollfus O., 1990).

Contrôle et pouvoir sont indissociables du territoire. C'est une volonté de contrôle du territoire, et de renforcement du pouvoir central, qui a conduit à la création de la plus ancienne maille administrative française, les départements, pour lesquels certaines limites n'avaient pour fonction officieuse que de briser des réseaux d'opposants à l'ordre de l'État, afin d'en limiter les pouvoirs, en les contenant dans des structures politiques différentes. Cet acte politico-administratif vient rappeler que la relation entre réseaux et pouvoirs n'est pas nouvelle. À une échelle mondiale, et à une autre époque, le réseau de la soie a démontré son pouvoir.

Le pouvoir des réseaux, de leurs acteurs et usagers, est de plus en plus important. Lors d'une guerre, une autre guerre, presque aussi importante, celle des télécommunications et de la diffusion de l'information (télévision, radio, Internet,...) est déclenchée parfois même avant l'offensive militaire. Des usagers utilisent ces réseaux comme moyen de pression sur un gouvernement avec la paralysie des réseaux de transports (route, train, métro,...). Les réseaux et pouvoirs des instances administratives sont ballottés par les pouvoirs de réseaux sociaux et des réseaux économiques qui ne se soucient que très peu de ces territoires administratifs. La logique des firmes est la structuration des espaces par des réseaux d'interrelations économiques (Brunet R., Dollfus O., 1990). Les hiérarchies de pouvoirs sont bouleversées par l'émergence et la consolidation de ces pouvoirs.

⁵ Un réseau matériel a un support physique tel une route, un rail... Il s'oppose au réseau immatériel qui par définition n'est pas palpable. Un réseau immatériel nécessite tout de même du matériel à un moment donné ; ce sont par exemple les nœuds, émetteurs, récepteurs, bornes relais pour le réseau de téléphonie sans fil.

La position et le rôle des lieux privilégiés du territoire, aux croisements des lignes du réseau -les nœuds- par les pouvoirs qu'ils concentrent (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997), tendent à former les nouveaux territoires en réseaux. Le nœud peut être vu comme un pôle qui « *se définit comme point d'entrecroisement et de communication de réseaux multiples, noyau de densité dans un gigantesque enchevêtrement de flux qui est la seule réalité concrète – mais qui est aussi un défi à la représentation et à l'imagination.* » (Veltz P., 1996). Ces pouvoirs des réseaux et ces réseaux de pouvoirs consolident leurs relations et dominent le territoire environnant. Le réseau est alors « *le squelette du territoire* » (Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992). Alors que le territoire implique une étendue continue, le réseau évoque la discontinuité puisque par définition les nœuds et les lignes du réseau ne recouvrent pas l'ensemble de l'espace (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997).

À différentes échelles et thématiques, cette emprise des réseaux sur le territoire fait que « *désormais le territoire ... [est] plus représenté et virtuel que pratiqué* » (Di Méo G., 2002). Les réseaux transforment nos perceptions des espaces et l'organisation territoriale. Des territoires sont, par exemple, considérés mieux équipés en services ou mieux desservis, puisqu'ils « participent » à un territoire en réseau (de complémentarité)⁶. Ces perceptions associées aux capacités des réseaux matériels transforment considérablement les accessibilités. La proximité des lieux dans les réseaux, quelle qu'en soit sa mesure, se réduit. Les « contractions » ou « convergences de l'espace-temps⁷ » (Janelle D.G., 1968 ; Forer P., 1973⁸ ; Cauvin C., 1984), avec les représentations cartographiques par l'anamorphose, sont une parfaite illustration des effets des réseaux sur l'espace.

L'espace vécu est assez rarement pensé comme zonal mais bien souvent comme réticulaire. C'est ainsi que la recherche opérationnelle est devenue pratique courante : le comportement d'achat, parfois complexe, répond souvent à de simples questions de performance de déplacement (minimisations des coûts, du temps, des contraintes...). Le boulanger, outre le fait de faire du bon pain, doit se situer sur la route du domicile au travail (ligne du réseau). L'épicier doit être localisé à proximité du lieu de travail ou du domicile (nœuds de réseau).

⁶ Une ville appartenant à un réseau particulier peut ne manquer de rien à partir de l'instant où l'on pense réseau. C'est l'effet de club. Prise individuellement, cette ville peut manquer de tout. C'est cette idée qui prédomine dans les clubs de villes, les réseaux de villes et dans les réseaux intercommunaux.

⁷ L'espace rétréci en termes de distance-temps.

⁸ Une synthèse des travaux de la thèse d'A. Forer est exposée dans l'ouvrage d'A. Gatrell (1983).

Vers une régionalisation des systèmes urbains

Ce qui nous intéresse dans ce travail, c'est de construire des réseaux de villes autour desquels une régionalisation des territoires est possible. Des délimitations de réseaux de villes où « *il ne s'agit pas de découper [l'espace], mais de regrouper* » des villes (Brunet R., 1997). Ces mises en réseaux de villes s'effectuent à partir d'un système de villes, sur des hypothèses de relations qui traduisent théoriquement les interactions spatiales entre les villes à partir des propriétés générales des systèmes de villes et implicitement des caractéristiques particulières du système de villes étudié. Ces interactions spatiales, construites sur les seules bases de contraintes de taille des villes et de leur espacement, déterminent des réseaux de villes. En intégrant des contraintes hiérarchiques entre les villes, une des propriétés majeures des systèmes de villes, et des contraintes de proximités ou de voisinages dans les mises en réseaux de villes cela permet tout en donnant les « *positions topologiques des villes dans le réseau des villes* » de décrire « *leur situation hiérarchique* » (Pumain D., Saint-Julien Th., 2002).

Dans ce travail, l'objet d'étude est un ensemble formé de villes et des relations qu'elles peuvent entretenir entre elles. Les villes peuvent être considérées différemment selon les problématiques et les échelles d'analyses. Quelle que soit la définition retenue, notamment celles des instituts fournisseurs de données, elle sera toujours ramenée, dans ces travaux, à une représentation ponctuelle. Nous ne cherchons pas à définir ce qu'est une ville, mais simplement à appliquer une méthodologie à des villes aux définitions bien établies. On ne cherche pas non plus à connaître les raisons de son existence ni celle de son devenir, mais simplement à représenter à un moment donné des liens qu'elle peut entretenir avec d'autres villes. Ce sont ces liens qui unissent les villes. L'ensemble des villes unies par ces liens dans un même groupe de villes forme ce que nous définirons comme un **réseau de villes**. Les **réseaux urbains** sont considérés comme des relations de différentes natures entre les villes : urbains est alors synonyme d'interurbains.

Les hypothèses de mise en réseaux et les représentations d'interactions spatiales font naître deux catégories de réseaux de villes.

- ceux pour lesquels les seules hypothèses d'interaction spatiale sont basées sur des contraintes de proximités entre les villes et de voisinages⁹ des villes (contraintes d'espacements) : ***les réseaux de proximité et de voisinage*** ;
- ceux pour lesquels s'ajoutent aux contraintes d'espacements des contraintes hiérarchiques, sur les tailles des villes mises en relation (contraintes hiérarchiques) : ***les réseaux de villes hiérarchisés***.

Les réseaux de villes de proximité et de voisinage sont construits dans le but de mesurer et de comparer les espacements entre les villes.

Les espacements entre les villes étant une caractéristique fondamentale dans les relations qu'entretiennent les villes, les réseaux de proximités et de voisinages représentent alors une première étape indispensable dans la complexification des mises en réseaux de villes. En prenant en considération les structures spatiales en matière de répartitions spatiales dans les regroupements des villes, ces réseaux serviront de repère pour montrer comment l'introduction des tailles de villes modifie les relations et par conséquent les réseaux de villes. Cette première catégorie de réseaux, les réseaux de proximités et de voisinage, propose de mesurer et comparer visuellement les densités de villes et les espacements entre les villes à l'intérieur du système étudié.

Les réseaux de villes hiérarchisés proposent des réseaux qui se situent entre les réseaux de complémentarité et des réseaux fortement hiérarchisés.

Cet ensemble de méthodes permet de schématiser la complexité des interactions spatiales, notamment le fait que les villes entretiennent des relations privilégiées avec une ou plusieurs autres villes de tailles différentes, plus ou moins proches. La taille des villes reflète bien la position des villes dans l'organisation hiérarchique d'un système de villes. Aussi des hiérarchies de niveaux de villes s'établissent et sont le propre de tout système de villes. Elles sont plus ou moins marquées. Relativement à ces hiérarchies urbaines, les relations entre les villes des différents niveaux montrent les emboîtements de niveaux de villes. C'est en reproduisant ces interactions spatiales que les mises en réseaux permettent la visualisation des emboîtements de niveaux de réseaux de villes.

Nous dégagerons deux groupes de méthodes de mise en réseaux de villes hiérarchisés selon deux types d'emboîtement des structures hiérarchiques : le type ***hiérarchie administrative*** et le type ***principe de marché***.

⁹ Le résultat de la mesure de la proximité spatiale est une **valeur** (souvent numérique, parfois qualitative) associée à tout couple de lieux (une distance kilométrique, par exemple). Alors que, quel que soit le type d'espace d'analyse, le résultat de la mesure d'un voisinage est un **ensemble** de lieux (Bellet, Kirat, 1998).

Les logiques d'emboîtements de systèmes de **type hiérarchie administrative**, pour lesquelles l'emboîtement est strict : toutes les villes d'un réseau local de villes appartiennent au même réseau régional de villes dont toutes les villes appartiennent au même réseau supra-régional de villes, et ainsi de suite. Nous montrerons comment les interactions spatiales construites selon ce principe sont plus appropriées que le second principe pour la régionalisation des territoires (par ce principe, toutes les villes appartiennent à un seul réseau).

Pour ces réseaux de villes, ce sont les contraintes de tailles de villes dans les mises en réseaux qui imposent une hiérarchie plus ou moins marquée. Plus les contraintes sont faibles, plus les hypothèses d'égalité, de complémentarité entre les villes, sont prônées. Dans le cas contraire, les hypothèses de fortes centralité et de polarisation sont prônées pour caractériser des hiérarchies urbaines très marquées. Dans tous les cas, les mises en réseaux déterminent des réseaux de villes hiérarchisés démontrant au passage que la hiérarchie, caractéristique majeure des villes en réseaux, n'implique pas forcément de fortes centralités ou polarisations.

Les logiques d'emboîtements de systèmes de **type principe de marché**, pour lesquelles l'emboîtement est non strict : toutes les villes d'un système local de villes n'appartiennent pas toutes au même système régional de villes dont toutes les villes n'appartiennent pas au même système supra-régional. Ces types d'interactions spatiales ont pour vocation d'analyser des organisations et structures spatiales des systèmes de villes étudiés (les réseaux de villes ne sont pas destinés directement à la régionalisation).

Pour construire l'ensemble de ces réseaux, nous nous référons directement aux systèmes de villes, à leur fonctionnement, propriétés et caractéristiques.

Des systèmes de villes aux structures et interactions spatiales

Il va de soi, que pour un même système de villes, plusieurs mises en réseaux de villes et régionalisation des territoires sont possibles en fonction des objectifs de représentations des interactions spatiales, rappelant si besoin est, qu'il n'existe pas une régionalisation « optimale ». Pour la définition du **système de villes**, nous reprendrons celle d'A. Pred (1973) qui le considère comme « *...un ensemble de villes interdépendantes dans le sens où tout changement significatif dans les activités économiques, les structures d'emploi, le revenu total et/ou la population d'une ville membre du système, apportera directement ou indirectement, des changements dans les activités économiques, la structure d'emploi, le revenu total et/ou la population d'une ou plusieurs autres villes du système* ».

La représentation des interactions spatiales entre les villes se fait sur la base des connaissances théoriques des fonctionnements et des propriétés des systèmes de villes.

Ces connaissances sont introduites dans les contraintes pour reproduire théoriquement les interactions à l'intérieur du système étudié. Bien que des invariances existent dans les propriétés des systèmes de villes, tous ne fonctionnent pas de la même manière. Pour en tenir compte :

1. nous introduisons deux critères qui résument certaines propriétés et caractéristiques des systèmes de villes : **la taille des villes**, bon repère du degré de hiérarchisation du système, et leur **localisation**, qui permet la mesure des espacements entre les villes.

2. nous posons les hypothèses de fonctionnement à partir des critères ci-dessus : ce sont les **principes hiérarchiques, de proximités et de voisinages**.

3. les tailles et les localisations de villes du système étudié permettent de prendre en compte un minimum de caractéristiques ou **spécificités de chaque système**.

Les mises en réseaux de villes sont déterminées à l'intérieur d'un système de villes en s'affranchissant d'une quelconque maille. Ceci a pour effet d'introduire le minimum possible d'effet de mailles et de prendre en compte à la fois les structures spatiales sous-jacentes locales ou régionales et l'organisation spatiale générale du système. Par ce biais, toutes les méthodes, quels que soient leurs contraintes et leur principe, par l'analyse des structures spatiales des réseaux de villes créés, apportent des informations sur ces structures spatiales sous-jacentes locales ou régionales. Cette étude se fera par l'analyse des répartitions spatiales¹⁰, des organisations hiérarchiques et des distributions spatiales des tailles de villes des réseaux de villes créés et, pour chacune d'elles, par comparaison à des modèles de structures spatiales. Outre le fait d'apporter un complément à la **connaissance des organisations spatiales** des systèmes de villes, ces analyses permettront « **d'évaluer les performances** » des mises en réseaux de villes.

¹⁰ Pour l'étude des réseaux de villes, nous entendons par *répartition spatiale*, l'arrangement des villes dans un espace, leur disposition ; elle s'appuie principalement sur des critères de localisation (absolue et relative), d'espacement et de proximité. La notion de *distribution hiérarchique* se réfère, au sens statistique du terme, à la répartition de valeurs des tailles sur un diagramme de distribution ou sur une représentation rang-taille, ce qui donne une idée de la hiérarchie urbaine de l'organisation. Enfin, nous regroupons dans la notion plus générale de *distribution spatiale*, la répartition spatiale des tailles de villes, qui permet souvent d'interpréter l'organisation d'un territoire. Ce sont donc les répartitions et les distributions urbaines, espacements et hiérarchies, prises dans leur simultanéité, rendant compte des configurations spatiales, des formes particulières de relations, des structures spatiales.

Dans l'analyse des répartitions spatiales des villes (sens géométrique ou morphologique), des structures spatiales correspondent à des arrangements particuliers des villes dans un territoire. Dans l'analyse des distributions hiérarchiques, les structures hiérarchiques correspondent à des organisations hiérarchiques particulières. Dans l'analyse des distributions spatiales des tailles de villes, les structures spatiales correspondent à des dispositions particulières des villes dans l'espace en fonction de leur taille.

Dans les 3 cas, les structures sont remarquables et identifiables. Elles sous-tendent des modes d'organisations spatiales particuliers faisant que ces trois types de structures se confondent souvent à de véritables structures spatiales, « *sorte de modèles de relations* » Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992).

Quel(s) outil(s) ou quelle(s) méthode(s) devons-nous choisir pour la modélisation des mises en réseaux de villes, des interactions spatiales ?

La théorie des graphes parmi d'autres méthodes

Lorsqu'une modélisation d'interactions spatiales et de regroupements de villes comme des points est développée, les méthodes attendues se réfèrent aux modèles *d'interactions spatiales*, aux *classifications statistiques* ou à la *morphomathématique*.

Les fondements, notamment ceux des fonctions des tailles et de la distance, que nous introduisons dans nos mises en réseaux sont identiques à ceux de ces modèles *d'interactions spatiales*. Toutefois, ces modèles dont nous nous rapprochons le plus, sont orientés sur la nature et l'intensité des interactions entre les villes et les zones d'attraction des villes (Reilly R.J., 1931). Elles posent des hypothèses sensiblement différentes de celles que nous poserons et qui nécessitent plus de connaissances sur les villes ou d'informations sur leurs relations. Nos méthodes s'apparentent à des « simplifications » de ces modèles d'interaction spatiale dont l'utilisation reste cependant beaucoup plus simple que les suivantes¹¹.

Avec la famille des méthodes statistiques des *Classifications*, les contraintes de contiguïtés spatiales ne sont pas induites. Elles sont imposées au prix de certains paramétrages en introduisant certaines variables (Groupe Chadule, 1987 ; Dumolard P., 1981 ; Charre J., Dumolard P., 1985). C'est par exemple, une classification ascendante hiérarchique (CAH) selon la méthode de Ward appliquée aux coordonnées géographiques des villes qui détermine des regroupements de villes par proximité. Cette même classification dans laquelle serait introduite une contrainte de poids des villes (taille des villes), permettrait des regroupements avec contraintes de proximité et de hiérarchie entre les villes. Même si les méthodes deviennent spatiales, le dendrogramme, tracé hiérarchique représentant les regroupements des objets, n'est pas spatial. Il peut, également être transformé, au prix de quelques manipulations, en un tracé spatial. La lisibilité, notamment spatiale, de ces méthodes de regroupements, plus complexes, qui s'effectuent dans une « boîte noire », n'est pas toujours évidente.

Enfin, une dernière famille de méthodes géométrique permet également de proposer des regroupements de villes, issues de *l'analyse d'image et de la morphomathématique*. Ces méthodes peuvent conduire elles aussi, au prix de certaines adaptations, aux types de regroupements que nous proposons. Ce sont les méthodes dites de « dilatation » qui permettent de définir des regroupements ou réseaux de villes par voisinage (Voiron Chr., 1995). Pour introduire la taille des villes, deux possibilités sont proposées : soit plusieurs

¹¹ Pour s'en convaincre : voir les applications de Cl. Grasland et son petit logiciel gratuit « Reilly » (<http://www.grasland.cicrp.jussieu.fr/grasland/Logiciels/reilly/>)

« images » de villes peuvent être introduites selon leur taille et dans ce cas la méthode n'est plus véritablement globale ; soit les tailles de villes sont caractérisées par des niveaux de gris et les méthodes de l'analyse d'image lui sont appliquées¹² (Voiron Chr., 1995). Ces méthodes ne sont pas complexes, leurs performances sont bonnes, mais leurs applications ne sont pas toujours simples.

Toutes ces méthodes peuvent conduire aux mises en réseaux que nous proposons avec plus ou moins de complication. Mais un quatrième « outil » présente l'avantage de pouvoir mêler méthode morphologique (par proximité et voisinage), classification (par proximité, voisinage et tailles de villes) et modèle d'interaction spatiale (par hypothèses et principes de relations), une simplicité d'utilisation, de représentation et d'analyse dans la modélisation des interactions spatiales : c'est *la théorie des graphes*.

La modélisation des interactions spatiales par la théorie des graphes

Considérer les villes comme des points et les interactions spatiales comme des lignes permet d'entrevoir leur formalisation par la *théorie des graphes*. Le choix de cette théorie par rapport à d'autres outils s'est posé comme une alternative intéressante, bien qu'utilisée dans notre travail dans sa plus simple expression. Force est de constater que pour la modélisation des interactions spatiales, le type le plus utilisé et le plus efficace est la modélisation graphique. De manière générale, de très nombreuses représentations de réseaux interurbains sont souvent représentées par une ligne entre deux points sur une carte. Or, à partir du moment où deux objets sont en relation, cet ensemble peut être modélisé par la théorie des graphes. *L'ensemble des objets et de leurs relations* constitue un *graphe* au sens de la théorie. L'idée est donc de représenter les interactions spatiales entre les villes sous la forme d'un graphe qui sera exploité en tant que graphe, en tant qu'ensemble, avec tout le formalisme et les outils qui lui sont associés. La théorie des graphes nécessite très peu d'information sur les objets et leurs liens. Il suffit de pouvoir identifier les objets et connaître les deux objets qui constituent les deux extrémités d'un lien.

Relier les villes, sous des hypothèses de relations privilégiées entre elles, par l'utilisation de contraintes spatiale et hiérarchique revient alors à créer un graphe, qui permet :

- de modéliser les tailles des villes et leur localisation ;
- de rendre compte des hiérarchies urbaines et des espacements entre les villes ;
- de s'adapter à tous types d'espaces ;

¹² Selon les pratiques de Chr. Voiron évoquées lors d'un entretien sur l'application de certaines méthodes de morphomathématique sur le semis des villes européennes (chapitre 5.)

- de spatialiser les relations hiérarchiques, les relations de proximité et de voisinage entre les villes ;
- de rendre aisées les représentations des emboîtements de hiérarchies de niveaux ;
- de posséder dans son formalisme, des ensembles particuliers qui favorisent la modélisation des organisations hiérarchiques : les arbres ;
- de posséder une panoplie d'outils renseignant sur les formes des graphes, sur les formes des relations entre les villes ;

Les définitions de « mise en réseaux de villes » et de « régionalisation » peuvent être retranscrites par le formalisme de la théorie de graphes.

La ***mise en réseaux des villes*** est donc l'action qui résulte sur des graphes de relations. C'est donc la méthode utilisée pour créer les liens entre les villes. Par rapport à la définition des réseaux de villes que nous avons donnée (villes unies dans un même ensemble), les mises en réseaux de villes conduisent toutes à au moins un réseau de villes : celui de l'ensemble du système étudié lorsque toutes les villes sont en relations même indirectement (avec les graphes cela signifie qu'il existe toujours un chemin sur le graphe de relation entre deux points). C'est en lui appliquant des techniques de partitions propres au formalisme de la théorie des graphes, que plusieurs réseaux de villes disjoints sont créés¹³. Ces derniers représentent les ***regroupements de villes*** autour desquels peut être envisagées la ***régionalisation des territoires***.

¹³ Certaines méthodes conduisent directement à des réseaux de villes disjoints, ne nécessitant pas l'application de techniques de partitions de graphes.

Pour parvenir à nos objectifs, nous proposons de développer notre travail en deux parties.

Partie 1. « Régionalisation, structures spatiales et mises en réseaux de villes » (pp. 31 -174).

Dans cette première partie, conceptuelle et méthodologique, sont présentés les notions, les concepts, les modèles et les théories utilisés pour les mises en réseaux des villes et les regroupements. Nous commencerons par rappeler la notion de région et par définir la régionalisation par rapport aux autres découpages de l'espace : les zonages, les maillages spatiaux, les maillages territoriaux ou les simples découpages de l'espace. Puis les systèmes de villes, leur fonctionnement et leurs propriétés majeures seront présentés avant de fournir les outils nécessaires pour révéler leurs structures spatiales. Après la présentation de la théorie des graphes nécessaire à la modélisation, les méthodes de mise en réseaux de villes sont définies, avec leurs hypothèses et des représentations théoriques.

Partie 2. « La mise en réseaux de villes : applications » (pp. 175-274)

Dans cette seconde partie, nous abordons deux approches thématiques à deux échelles spatiales différentes pour lesquelles la méthodologie mise en place a montré des apports. La première s'intègre à une approche spatiale en archéologie pour aider à dégager les principales structures spatiales d'un système de peuplement d'un territoire autour de la cité antique de *Luteva* (Lodève, Hérault, France) durant la période du Haut-Empire (I^{er} –III^e s. ap. J.-C.). La seconde approche thématique consiste à s'interroger sur la pertinence d'un « arc méditerranéen latin » à partir du système de villes européennes dépourvu de mailles administratives et autour de réseaux de villes et de métropoles régionales.

Le développement méthodologique et les deux exemples d'applications nous conduiront à définir les apports de cette approche dans les réflexions actuelles de l'approche régionale en géographie, et les futures pistes de recherche vers lesquelles la régionalisation pourrait être développée.

Partie 1.

Régionalisation, structures spatiales et mises en réseaux de villes

Cette première partie pose les fondements de notre discours. Elle présente l'ensemble des notions et des concepts nécessaires à la définition et à la mise en place des méthodes de la mise en réseaux de villes pour la régionalisation des territoires.

Le premier chapitre, « **Régionalisations et découpages de l'espace** » (p.35), en donnant les définitions d'un ensemble de processus conduisant à des découpages différents de l'espace, permet, d'une part, de situer la régionalisation des territoires parmi ces processus mais également de comprendre pourquoi notre choix s'est porté sur ce type de découpage spatial, d'autre part.

Le deuxième chapitre, « **Systèmes de villes et structures spatiales** » (p.59), pose les bases des définitions de ces notions. Il propose de comprendre pourquoi et comment les systèmes de villes et les structures spatiales permettent de donner des représentations théoriques des interactions spatiales entre les villes, dans le but de régionaliser et analyser les territoires.

Enfin le troisième et dernier chapitre de cette partie, « **Mises en réseaux de villes sur la base de proximités, de voisinages et de hiérarchies urbaines** » (p.121), après avoir présenté la théorie des graphes et ses fondements, présente les méthodes des mises en réseaux de villes, leurs hypothèses et les principes qui conduisent à leur élaboration aux regroupements de villes dans le but de régionaliser les territoires.

Chapitre 1.

Régionalisation et découpages de l'espace

Une des hypothèses fondamentales de notre travail est que la régionalisation des territoires peut se faire à partir de mises en réseaux de villes. Elle place donc la régionalisation au cœur de nos préoccupations. Il nous semble donc indispensable de donner une définition de la notion de régionalisation et de la situer parmi d'autres notions qui conduisent elles aussi à des découpages de l'espace

Ce premier chapitre montre pourquoi la régionalisation des territoires est préférée aux autres notions et à leurs résultats spatiaux, tels que le zonage, le maillage, somme toute ce que la communauté des géographes nomme le découpage spatial.

La régionalisation signifie dans son sens le plus commun « [une] *délimitation de régions en vue de la gestion du territoire...* » (Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992). Dans le mot même de « régionalisation » il y a celui de « région » à la racine grecque « reg » qui signifie régir, régner (Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992). Nombreux sont ceux qui comprennent sans difficulté cette définition de la régionalisation. Et pourtant, s'il existe bien un terme pluridisciplinaire qui eut de multiples sens, définitions, utilisations ou interprétations, c'est bien celui de région. Ce flou sémantique tend pourtant à s'estomper bien que ces utilisateurs soient économistes, géologues, géographes ou politiques. De notion la région devient concept. Dans la première partie de ce chapitre, en nous focalisant sur cette notion de région, nous montrerons comment, elle tend à devenir un concept dans l'évolution de ses définitions.

La régionalisation comme tout découpage de l'espace, est à la fois un processus, une action, et le résultat de cette action. Elle est un découpage spatial qui se distingue des autres découpages par le processus qui la guide et le type d'ensemble d'entités spatiales qui en résulte. Mais comme tous les découpages, ses résultats (contenus et contenant) et ses procédés sont très fortement liés à celui, celle ou ceux qui les pratiquent. Ils ont chacun un but précis et une méthode de construction très variable. C'est ce que nous montrons dans la seconde partie de ce chapitre.

Créer des découpages spatiaux autour des relations entre les villes n'est pas chose nouvelle, que ce soit pour étudier ou régionaliser les espaces. Après avoir posé les bases sémantiques propres aux découpages spatiaux dans les deux premières parties de ce chapitre, la dernière partie fait état des découpages de l'espace autour des villes et des ensembles de villes en relations.

A. La région : de la notion au concept ?

La régionalisation, étymologiquement, est indissociable de région. Il faut cependant clarifier la définition du terme région. Pourquoi ? Pour savoir si la régionalisation conduit toujours à une région d'une part et d'autre part si ce que nous proposons comme une régionalisation revient à proposer des régions,

Sans changer fondamentalement, le sens du mot région se précise et s'affine au cours du temps, en particulier durant les XIX^e et XX^e siècles. La région est d'abord considérée comme une notion parce qu'elle possédait plusieurs sens. Dans tous les cas, elle représente « *un morceau d'espace qui se distingue de l'espace voisin* ». Mais comment s'en distingue-t-il ? Là commencent les divergences... » (Beaujeu-Garnier J., 1971). Sans toutefois disparaître, ces divergences tendent cependant à se réduire et laissent penser que de la notion de « région » on se dirige vers le concept de « région ».

Ce glissement est surtout lié au développement du « fait urbain », entraînant dans les villes des concentrations accrues d'hommes, de biens et de services. Cette concentration est le catalyseur de l'accroissement des échanges entre les villes, entre les villes et les campagnes, et entre les sociétés. Ces relations entre les lieux et les sociétés se superposent et s'entrecroisent tendant vers une complexification de la « région » et de l'étude régionale. Face à cette complexité, les « divergences » vont avoir tendance à « converger » vers un unique et même concept ce qui peut paraître paradoxale à première vue.

A.1. De la région naturelle aux régions urbaines et métropolitaines

C'est au XVIII^e siècle sans aucun doute que démarrent les véritables réflexions sur la notion de « région » avec la remise en cause des limites administratives considérées comme « *trop arbitraires et [qui] répondaient trop à des jeux politiques* »¹⁴ (GDEL, 1982). Ainsi les premières études descriptives sur les « pays » et les « régions naturelles » font leur apparition avec, notamment, en 1752 le bassin fluvial que P. Buache définit à partir de considérations hydrologiques (Dauphiné A., 1979 ; Nonn H., 1998)

¹⁴ Paul Claval nous apprend que « *L'esprit des Lumières critique le rôle de l'arbitraire et de la tradition dans les divisions que les hommes ont opérées à la surface de la Terre, et propose de leur substituer des solutions modernes adaptées à une ère où la Raison s'affirme : on se demande sur quoi reposent les divisions régionales. La nature ne peut-elle fournir de principes de partition ?* » p.24 (Claval, 1998).

pour dessiner de nouvelles limites administratives. Conscient que ces considérations étaient insuffisantes, dès 1780, d'autres critères sont retenus pour délimiter les régions « géographiques ». Ainsi, après avoir considéré le bassin hydrographique et les composantes du sous-sol par les géologues, J.-L. Giraud-Soulavie¹⁵ « complète l'analyse en y ajoutant également le rôle de l'altitude et du climat » (GDEL, 1982). C'est en 1822 que « l'examen des régions naturelles [est] promu par la Société de Géographie de Paris »¹⁶ (Nonn H., 1998).

Très rapidement, les géographes considèrent que ces critères ne sont pas suffisants pour délimiter des territoires. Ils se rendent compte que d'autres cadres spatiaux plus utiles pour l'analyse et une meilleure connaissance des espaces seraient plus appropriés à une meilleure gestion des territoires. Mais pourquoi les géographes restent-ils sur la région naturelle alors qu'ils ont les idées et les moyens de dépasser cela ? Il semble que cette insistance « sur les traits physiques, [fait] suite aux critiques souvent injustes formulées par les sociologues » (Claval P., 1998). Le déclic vient de la montée du régionalisme et des travaux de Vidal de La Blache et de ses disciples. Même si, pour certains, la seule évocation du nom de Vidal de La Blache sonne comme un retour vers une géographie spécialisée dans la monographie et le « classicisme », il est aussi à l'origine de la géographie « moderne ». Il faut lui ôter « des étiquettes de passéisme et de ruralisme qui sont communément attachées à son nom », comme le rappellent M.V. Ozouf-Marignier M.-C. et Robic (1995) dans un article consacré entièrement à Vidal de La Blache et la régionalisation dans la revue *L'Information géographique* (1995). Ces deux auteurs dressent une comparaison de ses « huit positions sur le thème du découpage régional » et constatent la « lente dérive » vidalienne de « la région naturelle à la région économique ».

Les travaux de Paul Vidal de La Blache vont même servir la cause régionaliste dont ses représentants réclament un niveau intermédiaire entre les pouvoirs centralisés de l'État et les pouvoirs locaux des départements¹⁷. C'est à propos de ce niveau de maillage intermédiaire que Paul Vidal de La Blache va jusqu'à prévoir « pour la France la perte de son rang, dans la concurrence mondiale » si elle n'adopte pas « une structure

¹⁵ « [Il] avait nuancé l'analyse en montrant comment substrat géologique, formes du relief, climat et végétation combinaient leurs effets pour dessiner les ensembles naturels du Vivarais » (Paul Claval, 1998).

¹⁶ Henri Nonn, 1998, p.76.

¹⁷ « De la curiosité pour les régions et la diversité de la France à la naissance de courants d'opinion et de mouvements politiques hostiles à la centralisation, il y a un pas que l'on a presque franchi dans les dernières années du Second Empire. Le programme de Nancy, signé en 1865 par des représentants des élites locales venus de toute la France, s'insurge contre la lourdeur des décisions où tout doit être arrêté à Paris, et demande plus d'initiative pour les pouvoirs locaux... [La] montée de mouvements régionalistes qui réclament un cadre administratif plus large que le département et se tournent vers 1905 vers la grande région comme Paul Vidal de la Blache qui apparaît alors comme le grand théoricien de la Fédération régionaliste » (Claval P., 1998, p.54)...

nouvelle »¹⁸ (M.V. Ozouf, M.-C. Robic, 1995). Ce qui le conduit à proposer de grandes Régions plutôt que de petites entités territoriales comme les « 300 pays » que suggère P. Foncin (Claval P., 1998) et que Vidal considère comme un retour en arrière par l'utilisation des unités anciennes. Il justifie son penchant vers ces nouvelles structures par « la conjonction de la rétraction de l'espace-temps et des conditions de la production du XIX^e siècle... »¹⁹. Ainsi, Vidal de La Blache voit déjà dans les villes les éléments appropriés à une régionalisation. Il développe l'idée selon laquelle « des aires organisées par certaines grandes villes de province, lieux de concentration économique et de bons moyens de communications » peuvent former des régions (Nonn H., 1998). Il propose alors, en 1910, 17 régions géographiques « conçues comme des espaces organisés autour des grandes villes » (Lajugie J., Delfaud P., Lacour Cl., 1979). Il introduit le concept de « nodalité » traitant de la position de ces métropoles régionales. « On passe de la région partie d'un espace, à la région forme ou stade d'organisation de l'espace » (Auriac, 1986) et de paysagère, la notion est devenue fonctionnelle. Dès lors, l'utilisation de la notion de « région » s'accélère.

Nous n'avons pas trouvé dans la littérature du XX^e siècle essentiellement, une définition unique de la « région » mais nous avons rencontré un très grand nombre de termes qualificatifs et nous avons répertorié les plus fréquents. En reprenant la terminologie employée par J.-P. Le Gléau (1998) à propos de catégories de *zonages* (Tableau 2, p.52), nous proposons alors la classification suivante.

¹⁸ Expressions de Paul Vidal de la Blache écrites dans « *les régions françaises...* » dont on trouve un extrait des pages 839-842 dans M.V. Ozouf-Marignier, M.-C. Robic (1995).

¹⁹ À partir du courant régionaliste, « *Le Play propose, à l'Assemblée nationale, en 1864, de diviser le territoire en 13 provinces, distinctes de celle de l'Ancien Régime. Les découpages sont fondés sur la réalité des liens sociaux et recherchent autant que possible un équilibre en hommes et en moyens financiers* » (C. Théré et I. Ségué, 1998).

Région de gestion et de pouvoir institutionnels	Région administrative		
Régions d'étude ou de savoir	Régions espace-physique	Région naturelle	Espace
		Région culturelle	
	Régions espace-vécu	Région sociale	Territoire
		Région historique	
		Région nodale	
		Région agricole	
		Région industrielle	
	Régions espace-fonctionnel	Région économique	Système
		Région fonctionnelle	
		Région urbaine	
		Région métropolitaine	

Tableau 1 : les qualificatifs des régions

Nous distinguons deux catégories : les **régions de pouvoir et de gestion institutionnelles** et les **régions d'étude ou de savoir**. Les premières ont pour but de gérer ou de contrôler des territoires et des personnes. Les secondes ont pour but de comprendre, de faire comprendre l'organisation territoriale ou d'analyser les territoires. À l'intérieur de cette deuxième catégorie, nous avons également regroupé ces qualificatifs en 3 sous-ensembles suivant un ordre qui traduit l'évolution de l'utilisation et de la complexification de la notion de région : de la région *espace-physique* aux régions *espace-fonctionnel* via les régions *espace-vécu*.

Les régions issues de *l'espace-physique* sont celles qui dès le début du XVIII^e siècle émergent pour donner, à la fin du siècle, naissance aux *régions naturelles*, évoquées précédemment. Les critères sont essentiellement ceux qui ont trait aux caractéristiques « physiques » de l'espace : géologie, hydrologie, climat, végétation... La notion de région est associée à celle d'espace support.

Les régions espace de vies, espaces culturels, *espace-vécu*, où la place de l'homme, ses pratiques, sa culture, son appartenance à un groupe social, son passé et sa mémoire, son vécu et son perçu constituent les fondements pour ne pas dire les postulats de construction de la région. A. Frémont (1976) rappelle que « *la région, si elle existe, est un espace vécu* », s'inspirant et complétant ainsi les travaux de de Martonne consacrés à la Valachie (1902). Cette conception régionale penche vers une partition sociale de l'espace. Nous passons alors de l'espace physique à un espace approprié s'orientant vers le concept de *territoire*.

Enfin, les régions *espace-fonctionnel* dont le dénominateur commun est l'économie et ses postulats. Ce type de région trouve son origine dans la recherche de l'aire

d'influence d'une ville et les « *régions nodales* » de Vidal de La Blache (1902) basées sur la contiguïté des villes. Elles diffèrent cependant des régions nodales qui, dans leur acception actuelle, sont basées sur les connexités entre les villes (Ozouf M.V., Robic M.-C., 1995), et connues sous les noms génériques de *régions urbaines* ou *régions métropolitaines*. C'est en observant le rôle croissant des villes que Vidal de La Blache parle de *régions nodales*, que l'on retrouve sous l'appellation de *régions fonctionnelles* chez Lucien Gallois dans le célèbre « *Région naturelles et nom de pays* » de 1908. La racine grecque de cette notion de région, *reg*, de règne, régir, régime (Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992, p.381) se retrouve ici dans le sens où une ville exerçant un pouvoir économique, politique ou social, sur un ensemble de villes permet de définir autour de cet ensemble les contours d'une « région ». Les grands modèles fondateurs qui ont servi de base aux développements actuels sont ceux de W. Christaller²⁰ (1933), de A. Lösch (1940), ou de W. Alonso (1960) après les travaux précurseurs de Reynaud²¹ (1841), de Von Thünen (1826), de Weber (1909) ou encore de Hotelling (1929) (Ponsard C., 1983). Il faut attendre les années 1950 et le développement de l'économie spatiale et de l'économie régionale (W. Izard, 1956 ; Juillard E., 1962) pour que cette conception ancienne de la région fonctionnelle, dite « économique », soit formalisée. Du territoire, nous atteignons un degré de complexité croissant et nous nous orientons vers le concept de *système* (cf. p.62).

La *région géographique* peut aisément se situer dans les trois déclinaisons des régions de savoir ou d'études car elle fut tour à tour assimilée à la *région naturelle* durant le XIX^e siècle, puis a caractérisé l'espace des hommes et de leurs milieux à la fin du XIX^e siècle, et enfin représente aujourd'hui les territoires, les hommes et leurs interrelations.

Reste enfin la catégorie qui ne fait l'objet quant à elle d'aucune discussion tant elle est acceptée et identifiable, c'est la *région de pouvoir ou de gestion institutionnels*. C'est la division de l'espace « *pour mieux régner* » sur des terres, des biens, et des individus, pour mieux gérer, échanger, partager ou exercer d'autres actions propres à chaque espace, chaque institution, chaque système politique ou religieux... Le qualificatif par excellence rencontré et accolé à la région dans cette catégorie est « *administrative* ». En France, la loi Defferre, en 1982, parachève de nombreuses années de réflexions et scelle définitivement le sort des Régions administratives comme maille administrative dotée de certains pouvoirs.

²⁰ Cf. p. 111.

²¹ Cité par M.C. Robic (1995)

A.2. La région sans qualificatif : limite, taille et cohérence interne

Les différents qualificatifs montrent à quel point malgré l'ancienneté de la notion, la polysémie demeure (Nonn H., 1998). Dans leur dictionnaire critique de géographie, R. Brunet et R. Ferras (Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992) rappellent que « région » peut aussi signifier en littérature « *quelque part* ». Cette utilisation dénote pleinement le double flou régional : celui de son contenant et de son contenu. Nous avons vu par les qualificatifs précédents que différents critères semblaient définir une région : économie, nature, industrie... Les délimitations de ces « types » de régions ne sont pas toujours explicitement posées et ne sont pour la plupart d'entre elles pas très nettes. Dans la recherche possible d'un concept, on s'accorde à penser que « *rien n'est plus difficile que la délimitation objective d'une région* » (George P., 1970). André Dauphiné (1979) nous rappelle même que certains géographes ont considéré le problème de la délimitation « *comme un faux problème* ». Ce problème de limites peut-il être résolu ? La région peut-elle, pour reprendre l'expression de A. Frémont (1976), « *se définir dans un espace bien délimité* » ? Il semble que le problème des limites ne soit guère soluble. Selon A. Frémont, cette délimitation régionale n'est « *en aucune manière* » possible. Il est bon de rappeler à ce propos que, dès 1917, Vidal de La Blache considérait les limites régionales comme peu nettes : « *Il faut concevoir la région comme un espace d'auréole qui s'étend sans limites bien déterminées, qui encercle et qui avance.* » (Vidal de la Blache, 1917). Il y a là non seulement l'idée de limites floues mais également celle de frontières mouvantes²². C'est cette solution du flou qui est retenue par un certain nombre de géographes ou économistes (Ponsard C., 1976 ; Tran Qui P., 1978 ; Rolland-May C., 1986 ; de Ruffray S., 2001²³) alors que d'autres ne voient pas dans le flou une solution au but opérationnel de la région (Thisse J.-F., 1997). Mais est-ce à dire qu'il existerait des régions théoriques, aux limites floues, et des régions observées ou observables, aux limites nettes ? Bien utile pour une étude régionale de phénomènes, la région floue est difficilement « *pratique quand il faut structurer un territoire donné* » (Thisse J.-F., 1997)

²² Vidal de la Blache sentit donc une certaine dynamique qui sera prise en compte comme rouage essentiel de la notion de région dans les années 70 avec l'approche systémique.

²³ Communication lors du séminaire « Les espaces flous » du groupe R.A.S. (Réflexion sur l'Analyse Spatiale), UMR Espace, Montpellier.

et difficilement opératoire lorsqu'il s'agit d'apporter une aide à la décision aux politiques et aux aménageurs, par exemple²⁴.

Pour tenter d'en savoir plus sur la région, il est intéressant de savoir ce qui distingue la région d'autres unités spatiales particulières en matière de dimensions spatiales. R. Ferras (1998) souligne que « ...la géographie réfléchit sur l'espace, son organisation, et propose sa propre explication du monde ; la géographie régionale en fait de même, sur un espace circonscrit, pour comprendre l'organisation et les différenciations de l'espace, en soulignant la spécificité de chaque ensemble dans sa cohérence interne et dans ses distances externes, double condition pour qu'il y ait « région » ». Ces deux conditions sans lesquelles il ne peut y avoir région concernent donc la taille de la région et sa « cohérence interne » qui est le résultat d'une certaine forme d'organisation (homogénéité, polarisation, etc.).

En ce qui concerne la taille, et un « espace circonscrit », Paul Claval (1968) situe la région juste entre le niveau national et le niveau local. La taille est cependant variable puisque dans des régions économiques ou politiques, on parle de régions pour des entités d'une assez vaste dimension spatiale. Que penser alors lorsqu'on évoque des régions d'un niveau supérieur ? Ce qui est le cas, comme le souligne A.S. Bailly (1998), des divisions politiques en différentes zones des Nations unies avec la « région européenne », « la région américaine » par exemple. Ce qui lui fait dire que « selon l'échelle géographique qui est privilégiée, la région fait référence à une logique locale ou à une logique globale... » (A.S. Bailly, 1998). Nous commençons à y voir un peu plus clair, mais avec ces grandes régions du monde qui peuvent atteindre parfois des dimensions continentales, le « flou » revient.

La cohérence interne de la région, qui forme le contenu de la région, suscite également des incertitudes et des divergences (Beaujeu-Garnier, 1971). Et si la taille supposée « réduite » de la région était imposée par la nécessité de déceler une certaine cohérence (homogénéité) qui devient de plus en plus difficile à trouver dans les grands espaces tant les caractères, pris en compte pour qualifier des régions, sont de plus en plus nombreux et complexes ?

Le caractère complémentaire de la taille et de la cohérence est la contiguïté des espaces qui composent la région. C'est sûrement la seule caractéristique qui soit admise par tous. Cette contrainte de contiguïté, elle aussi essentielle, considère qu'il ne peut y

²⁴ Certains acteurs politiques acceptent toutefois la modélisation de certains phénomènes régionaux à partir de la théorie des sous-ensembles flous et des espaces flous (S. De Ruffray, 2001), notamment autour de villes car « ... sur les marges, les populations se partagent entre plusieurs centres qui sont en concurrence. » (D. Pumain, 1996, *Hypergéométrie*).

avoir des régions composées de deux entités spatiales séparés par une autre région, sinon ces entités forment deux régions différentes.

Le flou qui entoure la région ne permet pas de parler de « concept », mais à partir des années 1960, la notion de région tend à se transformer en concept avec le développement de l'approche systémique. Nous reviendrons sur cette vision de la région après avoir exposé les fondements de cette approche qui, aujourd'hui encore, tient une place prépondérante dans l'analyse spatiale (cf. p.62).

Tant elle paraît floue, cette notion de région nous conduit à penser qu'elle n'est peut-être pas si centrale. La régionalisation est-elle l'action qui conduit à trouver, à déterminer ou localiser une « région », quel que soit le qualificatif qu'on lui accole, qu'elle soit floue ou nette ? Tout comme la région, la régionalisation paraît être sans ambiguïté.

B. Régionalisation et zonage de l'espace

S'il existe un comportement que l'homme possède depuis la nuit des temps c'est celui de s'approprier un espace après l'avoir délimité, ou inversement : c'est « *l'art de la découpe* » (Brunet R., 1997c). Nos ancêtres ont toujours cherché à préserver des portions de territoires délimitées par divers types de barrières, matérielles ou immatérielles ; rien de plus normal alors que d'hériter de ces pratiques de découpes. Aujourd'hui encore, nous sommes friands d'appropriation et de délimitation de l'espace terrestre. Cette image exagérée rappelle que découper l'espace n'est pas un phénomène nouveau. Tout le monde découpe l'espace ; il n'y a pas que le géographe. Bien que dans la régionalisation il y ait du découpage spatial, les résultats des deux actions sont différents. C'est ce que nous montrons dans cette section.

L'utilisation du terme « découpage » ne plait pas à tous. Tel « *le boucher qui découpe la chair* » (Brunet, 1997c), ce terme est bien approprié au « charcutage » spatial réalisé à finalités diverses et qui tient peu compte des hommes et de leurs territoires, contrairement à la régionalisation. Entre la régionalisation et le découpage, existent le maillage et le zonage.

B.1. La régionalisation des territoires

La régionalisation est autant un processus que le résultat qui en découle. Elle est autant une action que la portion de l'espace ainsi mis en évidence, le contenu et son contenant. Toute régionalisation impose des hypothèses préalables (Dumolard P., 1975). Ces hypothèses déterminent l'action et le résultat de la régionalisation. Elles influent sur la méthode ou la technique de régionalisation. Réciproquement, ces dernières influent sur les hypothèses. Le résultat d'une régionalisation se compose d'entités régionales qui ne pourront jamais être idéales et qui seront toujours arbitraires et dont le choix des limites reste problématique. Partant de ce constat, il n'est pas inutile de rappeler qu'il peut y avoir autant de découpages d'un espace que de personnes qui le découpent.

Le processus de régionalisation est l'action de regrouper ou de séparer des entités spatiales, des lieux, spatialement proches, selon un ou plusieurs attributs, un ou plusieurs critères, tout en respectant certaines contraintes. Celles-ci veulent que les unités spatiales

(points, lignes, ou aires) ainsi régionalisées, aient mêmes modalités d'attributs, appartiennent à un même réseau, participent à un même champ de force ou encore appartiennent à une même maille (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997). Regrouper les unités spatiales revient à adopter une démarche inductive, dite « ascendante », alors que séparer revient à adopter une démarche déductive, dite « descendante ». Le processus de régionalisation nécessite alors « *de définir un ensemble de lieux, un ensemble d'attributs* » (Griggs D., 1965). Ces premiers éléments définis, les hypothèses et la finalité de la régionalisation peuvent être posés.

Alors que le processus de régionalisation (hypothèse, technique et méthode) dépend directement des lieux et de leurs attributs, le résultat de ce processus conduit toujours vers des ensembles particuliers d'entités spatiales qui constituent un maillage de l'espace. Retenons simplement ici qu'un maillage est un découpage en unités spatiales adjacentes couvrant l'ensemble de l'espace : « *chaque lieu se trouve alors dans une unité spatiale et une seule* » (Dumolard P., 1975). Nous reviendrons plus en détail sur cette notion plus en avant (cf. p.48). De fait, lorsqu'on adopte une méthode ascendante, la condition indispensable à une régionalisation est la proximité spatiale (en règle générale, contiguïté spatiale d'ordre 1, à partir d'unités spatiales aréolaires). Dans le cas d'une méthode descendante, la condition ne se pose pas puisque par définition toutes les unités spatiales forment un bloc unique.

L'entité régionale ainsi composée par regroupements d'unités spatiales possède alors une certaine cohérence interne. Cette recherche de cohérence interne spatiale conditionne les hypothèses de régionalisation. Elle suit principalement deux orientations, celle, d'une part, de la recherche d'une homogénéité à partir d'un ou plusieurs critères (ou variables), et celle, d'autre part, de la mise en évidence d'une polarisation dans les inter-relations. C'est relever des discontinuités dans l'homogénéité ou dans la polarisation.

L'homogénéité régionale recherchée est « *un ordre spatial correspondant [souvent] à un ordre thématique* » (Dumolard P., 1975) qui se traduit par une plus grande ressemblance, similarité, similitude, ou uniformité, des unités spatiales internes à une région qu'avec celles de l'extérieur. Elle correspond à une analyse statique. Cependant, la recherche d'une cohérence interne dans la diachronie, permet de mettre en évidence une homogénéité temporelle. Ce sont les trajectoires des variables qui déterminent la régionalisation..

Les thématiques de la recherche de l'uniformité ou l'homogénéité, touchent autant aux critères économiques (production, consommation...), aux critères géographiques (ressources naturelles, topographie, climat...) qu'aux critères socioculturels (identité locale, comportement social, choix politique...) (Richardson H.W., 1969). L'homogénéité dépend toujours de l'échelle de l'observation : un ordre spatial à une certaine échelle, devient désordre à une autre échelle (Paelinck J., 1994). Aussi la cohérence interne est

plus difficile à mettre en évidence « *aux extrémités de l'échelle* » (Dumolard P., 1975). Enfin, lorsque plusieurs critères sont introduits pour définir des régions homogènes, il se pose inévitablement des problèmes de « *marge et de cœur* » de région (Dumolard P., 1975) qui renvoient vers les délimitations régionales floues (Tran Qui P., 1978 ; Ponsard C., 1984 ; Rolland-May C., 1986). Il devient difficile voire impossible, dans de nombreux cas, comme souligne H. Nonn (1998) ou G. Di Méo (2002), de construire la région susceptible de représenter toutes les discontinuités, et d'obtenir un degré d'homogénéité régional identique (Pumain D., 1988).

Sans entrer ici dans des considérations techniques, les méthodes employées pour relever l'homogénéité reviennent à repérer des discontinuités par la nature ou la présence de structure, de fonction, de répartition différentes, soit de l'hétérogénéité. Les principes les plus usités sont l'agrégation ou la désagrégation par l'analyse de la variance, constatation de différences entre deux ensembles voisins, ou le principe de la similarité des lieux (Beguin H., 1995), pour lequel la différence des ensembles voisins est relative « *à la situation moyenne observée dans l'ensemble du système étudié* » (Grasland Cl., 1997).

La recherche de la polarisation relève de l'analyse des liens, des échanges, des flux, de la connexité. Elle se rattache à la notion de dynamique. La région polarisée, région fonctionnelle, traduit une forme d'organisation spatiale dans laquelle une majorité de relations se fait à l'intérieur de la région plutôt qu'avec l'extérieur (Lajugie J., Delfaud P., Lacour Cl., 1979 ; Pumain D., 1988). Tantôt région nodale, région fonctionnelle, elle renvoie au pouvoir d'attraction, à l'influence, d'un lieu sur d'autres lieux. Les thématiques sont également variables : flux de populations, de biens de services, des communications, du trafic... (Richardson H.W., 1969). Ces « *étroites interconnexions* » font des régions métropolitaines « *le type principal* » de régions polarisées, atteignant « *le plus haut degré de polarisation régionale* », selon H.W. Richardson (1969). La délimitation de la région polarisée est tout aussi difficile que celle de l'homogénéité, et « *il y aura, évidemment, autant de frontières que de types de flux ; il conviendra de les combiner pour tracer les contours de la sphère d'influence la plus générale possible.* » (Lajugie J., Delfaud P., Lacour Cl., 1979). Il est possible par ailleurs de trouver plusieurs types de polarisations, celle autour d'un pôle, autour de deux pôles voire plusieurs pôles, régions polarisées bipolaires voire multipolaires dont les mesures se font sur des mesures fonctionnelles (échanges, liens) et leurs intensités.

Quoi qu'il en soit, les recherches d'homogénéité et de polarisation régionale sont subjectives car souvent dépendantes de seuils minimaux fixés autour d'une moyenne ou d'un écart-type (Dauphiné A., 1979). Homogénéité ou polarisation, le choix de multicritères combinés conduisent inévitablement des cœurs, des marges, vers du flou. Enfin, signalons que nous pouvons trouver de la polarisation dans de l'homogénéité

spatiale, tout est une question d'échelles d'observation. Dans le cas des lieux centraux selon le modèle de W. Christaller, une région polarisée peut être homogène (Dumolard P., 1975) (cf. p.109).

Évidemment d'autres types de régions existent. Certains auteurs proposent une classification de régions également bien différentes par leur nature et leur caractéristique. Ainsi A. Dauphiné (1979) range les régions en régions homogènes, polarisées, et régions anisotropiques. Alors que J.R. Boudeville (1970) et Harry W. Richardson (1969), définissent quant à eux trois types de régions : la région homogène ou uniforme, la région polarisée ou nodale, et la région plan ou programme, région à but opératoire administratif, politique et d'aménagement du territoire.

De ce point de vue politique et administratif, la régionalisation est sans aucune ambiguïté, tout comme les Régions administratives qu'elle crée. La régionalisation est alors le résultat du processus de décentralisation, dont le but est de régionaliser les pouvoirs, de mieux organiser le territoire national en donnant une autonomie administrative aux Régions administratives (GDEL, 1982). Cette régionalisation politico-administrative du territoire conduit à des ensembles formant des maillages territoriaux pour de la **gestion** (départements, communes). Si ces Régions forment bien un maillage de l'espace, elles n'ont cependant que très peu de cohérence locale, voire aucune. Plus généralement, qu'elles soient institutionnelles ou fonctionnelles, les régionalisations ont toutes le même but, celui de délimiter un territoire de manière à en faciliter la **gestion** (Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992). Cependant, grâce aux hypothèses posées lors de sa réalisation, et aux explications reposant sur des notions telles que localisation, diffusion ou interaction, la régionalisation, tout en servant de cadre de **gestion** territoriale, reste un outil susceptible de mieux comprendre l'organisation de l'espace (Béguin H., 1995), par l'analyse des structures régionales et de leur évolution (Lajugie J., Delfaud P., Lacour Cl., 1979), par la détermination de discontinuités spatiales et des effets de barrières...

B.2. Maillage territorial et maillage spatial

Si le processus de régionalisation conduit toujours à un maillage, les échanges écrits entre G. Baudelle et R. Brunet dans la revue *l'Espace géographique* en 1997 concernant cette notion de maillage²⁵ incitent à se positionner par rapport à son utilisation. Alors que

²⁵ Elle concernait également les notions de « treillage » et de « pavage », dans le numéro 1 de cette année 1997.

pour R. Brunet, R. Ferras, H. Théry (1992) le maillage est « *l'ensemble des filets qui situent les lieux dans les mailles...* », Cl. Grasland (1997) rappelle que les mailles sont des objets et leurs contours. L'évolution sémantique du terme (Grasland Cl., 1997) et les différences étymologiques, que rappelle R. Brunet (1997a), tantôt *macula*, la tache, tantôt *medalia*, ce qui est « au milieu », contribue à la polysémie du terme. Mais le maillage « *désigne à la fois un ensemble de formes [(les objets)] et une grille [(contours)] permettant de saisir celle-ci* » (Grasland Cl., 1997). L'image de la maille du filet qui désigne « *soit le réseau des fils entrelacés, soit l'espace vide dont la boucle définit le contour* » (Grasland Cl., 1997) illustre cette notion. Image qui ne satisfait guère R. Brunet, R. Ferras, H. Théry (1992) notamment dans l'expression « *être pris dans les mailles du filet* ». G. Baudelle rappelle pour d'autres géographes, le *pavage* est l'équivalent du *maillage* exprimé par R. Brunet, pour une surface, alors que le *maillage* est préféré au *treillage* de R. Brunet (1997), pour les réseaux et l'entrelacement des « filets ». Nous nous situons dans la vision de Cl. Grasland pour lequel la maille est le contenu et le filet.

Quel que soit son but, un maillage est une partition spatiale qui « *constitue une grille de lecture et des filets permettant de capturer la réalité, du monde physique et du monde humain* » (Grasland Cl., 1997), comme avec le quadrillage de l'espace lors de relevés de terrain en archéologie, ou lors d'un échantillonnage spatial pendant des sondages de terrain (Figure 1, p.51). C'est donc également une action qui conduit à la définition d'objets et de contours. Dans tous les cas, la partition lors de la réalisation d'un maillage de l'espace est toujours complète. Aussi le maillage peut être interprété comme une application qui à tout élément (lieu) d'un ensemble de départ associe toujours un élément (maille) et un seul d'un ensemble d'arrivée. Mais pour qu'il y ait maillage territorial, en considérant une maille comme un ensemble mathématique, composé d'éléments (les lieux) alors, l'union des mailles du maillage doit représenter l'intégralité du territoire et l'intersection des mailles prises deux à deux est représentée par un ensemble vide ou une ligne. Le maillage est alors « *réseaux de conjonction et réseaux de disjonction* » (Raffestin C., 1980). Ce raisonnement mathématique simplifié²⁶, montre de nouveau l'ambiguïté du maillage pouvant être considéré comme « *réseau de relations et réseau de partition* » (Grasland Cl., 1998).

Pour que le maillage soit territorial, il faut qu'il soit socialisé, approprié par une société et qu'il serve à la gestion du territoire (Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992). Un maillage territorial peut éventuellement servir pour montrer des discontinuités, pour analyser des phénomènes et les territoires, les hommes. Lorsque le maillage territorial

²⁶ Claude Grasland (1992) renvoie vers l'ouvrage de Caillez F. et Pagès J.-P. (1976), *Introduction à l'analyse des données*, SMASH, Paris, et plus particulièrement à la page 32 de ce livre dans laquelle est développée le maillage comme une relation d'équivalence au sens mathématique.

constitue également un cadre de gestion institutionnelle ou administrative alors il s'agit d'une régionalisation. C'est notamment le cas en France des maillages administratifs des Régions ou des Départements, alors que les *régions agricoles* ou les *bassins hydrologiques* sont de simples maillages spatiaux (Tableau 2, p.52). Comme il existe différents niveaux d'observation du territoire, il existe des maillages territoriaux à différents niveaux d'observation et d'organisation (Grasland Cl., 1997). Quels qu'ils soient, les maillages territoriaux sont toujours le résultat d'une décision d'un pouvoir, et par opposition aux maillages politico-administratifs qui résultent d'un pouvoir institutionnel, les maillages fonctionnels résident dans un pouvoir de fait. Les premiers ont très souvent des mailles statiques et des limites nettes (c'est toujours le cas en France mais pas en Russie ou en Angleterre) alors que les seconds ont des limites dynamiques et floues.

B.3. Les zonages de l'espace

Pour l'analyse comme pour la gestion de l'espace ou des territoires, les maillages territoriaux et spatiaux laissent de plus en plus la place aux « zonages » et aux « zones », utilisés d'abord par les militaires avant les civils et les économistes (Auroux J., 1998). Le zonage consiste à créer des entités spatiales qui forment en règle générale des taches sur un espace donné. Comme le maillage, le zonage est une action, celle qui conduit à la zone, un ensemble d'objets et leurs contours. Il existe autant de zonages que de critères qui les construisent. Sur un même espace, un même territoire, il peut y avoir une multitude de zonages différents. Les zones résultantes peuvent se chevaucher, être différentes par leur nature, leur taille, et par l'irrégularité de leur forme. L'exemple donné par J. Auroux dans son rapport au premier ministre en 1998 (Auroux J., 1998) sur les zonages de la région Rhône-Alpes illustre bien cela. Il existe 37 types de zonages différents dans le cas de cette région, allant du zonage des chambres de commerces et d'industrie créé depuis 1702, jusqu'au zonage en aires urbaines élaboré en 1996. Au total, ce sont plus de 4 000 zones aux significations différentes pour cette seule région Rhône-Alpes. Le zonage est surtout destiné « *pour l'action...liée à l'aménagement du territoire* » (Scherrer F., 1998), apportant aux décideurs ou acteurs de développement des outils pour adapter leur approche de recherche, leur intervention ou action (Fotsing E. *et al*, 2003). Le zonage est devenu une des solutions d'intervention pour l'État dans un cadre non immuable plutôt de créer de nouveaux maillages administratifs difficiles à supprimer.

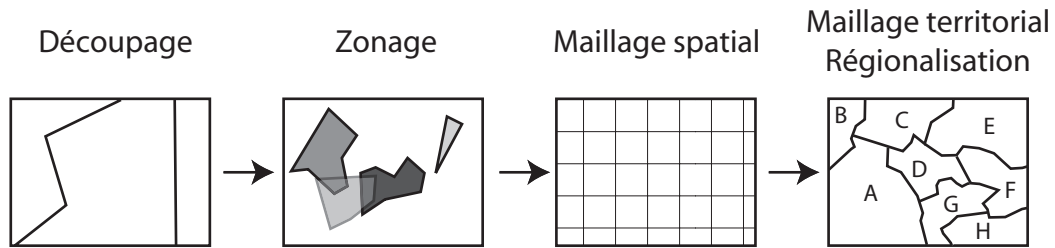


Figure 1 : du découpage spatial à la régionalisation du territoire

Le découpage, dans son acception la plus générale, consiste à prendre des ciseaux et couper avec un point d'origine identique au point final ou de manière à désolidariser une entité de l'ensemble découpé telle une tranche (Figure 1, p.51). Cette action devient zonage lorsque les entités sont spatiales et surfaciques. Ce zonage est maillage spatial lorsque la partition de l'espace est réalisée. Enfin, le zonage est maillage territorial et régionalisation lorsque les conditions évoquées précédemment sont respectées. Les processus de mises en place de zonages sont divers mais s'orientent, pour une partie d'entre eux, vers ceux développés pour la régionalisation. Il s'agit alors de relever des homogénéités ou des polarisations et de créer autour de celles-ci des zones. Sur l'exemple des zonages français, à partir de l'adjonction du tableau réalisé par J.-P. Le Gléau (1998) (cf. Tableau 2, p.52), l'homogénéité et la polarisation se retrouvent notamment dans les zonages définis à partir de critères physiques comme dans les régions agricoles et dans le drainage ou l'irrigation des zones d'emploi et bassins hydrographiques.

Les « *zonages d'étude ou de savoir* » reprennent exclusivement ces principes basés sur des mesures de ressemblance entre unités spatiales (espaces à dominante urbaine), et sur les caractéristiques des liens qui unissent les lieux (zones de petite chalandise). Ils conduisent alors soit à des mailles spatiales (régions agricoles, quartiers) soit à des taches dans l'espace (unités urbaines, aires urbaines). Comme leurs noms l'indiquent, ils servent à mieux comprendre et étudier l'espace ou les territoires sur lesquels ils se dégagent car ils dessinent souvent les contours de structures et organisations spatiales particulières, comme pour les typologies ou les aires urbaines. Plus nombreux sont « *les zonages de pouvoir* » qui sont des maillages spatiaux et territoriaux (en gris dans le Tableau 2, p.52), (les cantons, les circonscriptions électorales, les délégations des CCI), et conduisent vers des régionalisations (les Régions, les Départements, les Communes). Dans ces zonages de pouvoir, les « zonages d'intervention » (parcs naturels, zones de fonds structurels de l'Union européenne...) et certains « zonages institutionnels » (structures de coopération comme les syndicats intercommunaux, les districts...), ne sont pas des maillages²⁷.

²⁷ Remarquons que les zonages législatifs sont sans conteste ceux qui s'apparentent le plus à du « *charcutage spatial* » (Brunet R., 1997c).

Comme leurs noms l'indiquent, ils sont exclusivement liés à la gestion administrative et institutionnelle de l'espace ou du territoire.

Catégories de zonage			Exemples
Zonages de pouvoir	Zonage institutionnels ou zonages administratifs généraux et circonscriptions électorales	Circonscriptions de l'État	État, Régions, Départements, Arrondissements, Communes
		Collectivités territoriales	Régions, Départements, Communes
		Structures de coopération	Syndicats (SIVU, SIVOM), interregions, districts, villes nouvelles, communautés urbaines ou communes
		Circonscriptions électorales	Cantons, Circonscriptions législatives
	Zonages administratifs spécialisés ou zonages d'action	Nationaux	Districts scolaires, ressort des tribunaux, Zones ANPE, Régions militaires, Secteurs sanitaires
		Régionaux ou locaux	Centre de formalité des entreprises, délégations des CCI
	Zonages d'intervention	Environnementale	Zones fonds structurels de l'Union européenne
		Economique	Zones éligibles à la PAT
		Sociale	Parcs naturels
		Générale	Zones urbaines sensibles
Zonage de savoir ou zonages d'étude	Zonages d'étude « en tâches »	D'après des similitudes (parfois limitées à un critère)	Z.P.I.U., Typologies, Unités urbaine, Espaces à dominante urbaine
		D'après des flux	Téléphoniques, échanges bancaires
		D'après similitudes et des flux	aires urbaines
	Zonages d'étude « en mailles »	D'après des similitudes (parfois limitées à un critère)	Régions agricoles
		D'après des flux	Zones d'emploi, Bassins d'emploi, Zones de petite chalandise, Bassins hydrologiques
		D'après des similitudes et des flux	Quartiers

Tableau 2 : les zonages d'après J.-P. Le Gléau²⁸

Dans d'autres pays européens, comme l'Allemagne ou la Suisse, nous retrouvons des zonages similaires (Köhler S. 1998 ; Schuler M., 1998). En Espagne et en Grèce, la déclinaison territoriale regroupe la population « *en zones urbaines..., semi-urbaines... et rurales* » (Ferlaino F., 1998). Il en va de même au niveau du continent européen, pour lequel des zonages, calqués sur les mailles institutionnelles nationales existent, afin notamment de redistribuer des aides financières (Decand G., 1998). D'autres acteurs de l'espace réalisent également des zonages de l'espace. Les entreprises, au mieux de leurs intérêts commerciaux, l'église, avec des diocèses, divisent le territoire et disposent de maillages territoriaux.

Les zonages sont très utiles car ils permettent de définir des entités spatiales mouvantes et conviennent mieux aux réalités (lois) spatiales. C'est notamment le cas lors de la définition des zones issues de logiques socio-économiques, pour lesquelles les limites, souvent floues et mouvantes dans le temps et dans l'espace, suivent des gradients

²⁸ Nous avons refait ce tableau à partir de celui de J.-P. Le Gléau de 1998. J. Auroux (1998), homme politique, qui propose une classification sensiblement identique à celle de J.-P. Le Gléau, avec les « *zonages institutionnels, les zonages d'intervention économique, les zonages prescriptifs, les zonages d'étude, les zonages de projet* ».

(Dumolard P., 1975). Ce constat a conduit J. Auroux (1998) à proposer au Premier ministre que les zonages soient toujours revus et redéfinis en fonction des critères, à la manière des maillages mouvants russe ou anglais. Ils rendent cependant les analyses diachroniques impraticables.

C. Villes et zonages des territoires

En restant sur le cas du territoire français, tout en sachant que dans les autres pays européens la tendance est identique (Pumain D. et *al.*, 1992 ; Le Gléau J.-P., Pumain D., Saint-Julien Th., 1996 ; Moriconi-Ébrard Fr., 1993 ; Ferlaino F., 1998 ; Köhler S., 1998), de nombreux zonages, principalement classés dans les zonages de savoir ou d'étude, sont déterminés à partir de flux (une approche spatiale), et de ressemblances (approche territoriale) entre des villes. D'autres zonages sont issus de choix politiques et institutionnels. Les villes sont alors mises en réseaux pour former souvent des zones, parfois des mailles.

Les zonages institutionnels et administratifs réalisés autour de villes en réseau sont construits à partir de similitudes et par contiguïtés des unités spatiales. Ils se calquent parfois sur des réalités culturelles ou symboliques comme dans le cas des Pays, pour lesquels on constate une rupture dans des pratiques, ou sur des réalités sociales ou économiques comme dans les cas des SIVOM (syndicat de communes). Les flux entre les villes ne sont jamais directement à la base de zonages institutionnels même s'ils sous-tendent certains des regroupements comme dans le cas des communautés urbaines ou d'agglomérations. Ils permettent alors, comme tous ces types de zonages, la gestion et l'aménagement de territoire, et constituent, pour beaucoup de villes, des possibilités qu'une ville seule ne peut assumer, comme pour la construction de grandes infrastructures (réseau de transport, piscines, musées ...). Communautés urbaines, communautés d'agglomérations ou de communes, districts, SIVOM, font partie des zonages institutionnels français. Tous ces zonages utilisent les mailles administratives existantes par commodités politique et administrative et par agrégation d'unités spatiales contiguës (les communes), pour former des réseaux de complémentarité ou « *structures de coopération* » (Le Gléau J.-P., 1998).

Des regroupements de villes permettent une meilleure analyse et une meilleure connaissance spatiale avec création de zonages. Ces zonages d'étude et de savoir utilisent, par commodité et disponibilité de données spatialisées (Grasland Cl., 1998), les maillages administratifs et institutionnels. Certains se construisent autour d'une ville centre par contiguïté et par similitude. Aussi, certaines définitions de la notion de ville reprennent ce type de regroupement et, dans ce cas, la ville est une entité morphologique calquée sur la continuité du bâti. Ce zonage délimite une forme particulière, voire une configuration ou une structure spatiale. C'est le cas de la ville définie comme une agglomération ou une « Unité urbaine », basée sur population supérieure à 2000 habitants et une continuité du

bâti inférieure à 200 mètres. Elle est très utile sur le plan statistique pour des analyses comparatives au niveau européen ou mondial (Pumain D. et *al.*, 1992 ; Moriconi-Ébrard Fr., 1993, Le Gléau J.-P., Pumain D., Saint-Julien Th., 1996) et diffère de l'agglomération vue comme un zonage institutionnel.

D'autres zonages d'étude et de savoir prennent appui sur des similitudes et des flux, sur des contiguïtés et des connexités. Le zonage d'étude élaboré par l'INSEE en 1996 (Tableau 2, p.52), bonne illustration de ce type de zonage, a permis d'améliorer la grille de lecture des territoire et des villes (Terrier C., 1998). Ce Zonage en Aires urbaines (Z.A.U.) donne une « déclinaison du territoire métropolitain ». Les Aires urbaines, dans ce zonage, trouvent leur origine sur les connexités et les bassins d'emplois, en mesurant les migrations quotidiennes domicile-travail. Ce zonage respecte cependant les limites de la maille administrative la plus fine : la commune. Bien que ce zonage prenne en compte l'ensemble du territoire français, nous ne pouvons pas parler de maillage territorial car toutes les aires urbaines forment des enclaves entourées d'espaces à dominante rurale (Tableau 2, p.52).

D'autres zonages d'étude et de savoir réalisés à partir de la mise en réseau de villes existent. Ils sont fonction des thématiques des attributs et hypothèses des zones créées. Ils dépendent également des méthodes et techniques utilisées pour les mettre en place.

Dans le registre des regroupements de villes, ajoutons le *Réseau de villes* qui est une alliance de villes proches et de tailles comparables. Un *Réseau de villes* est une démarche volontaire de regroupement en vue, également, de coopération et de complémentarité. Ces *Réseaux de villes* ont été institutionnalisés en 1991 dans une circulaire du Premier ministre, mais il faut attendre la loi du 4 février 1995, et le CIADT de décembre 1997, pour que le poids donné à ces réseaux soit plus fort²⁹. Contrairement aux regroupements précédents, ils ne conduisent jamais à des zonages de l'espace et concernent surtout des villes moyennes qui se joignent pour encore exister au niveau européen (Offner J.-M., Pumain. D., 1996). Soutenus par la DATAR dans leur mise en place, il existe aujourd'hui 27 *Réseaux de villes* sur tout le territoire français³⁰.

De nombreux zonages dessinent les contours de villes en réseaux mais aucun ne détermine des maillages territoriaux, qu'ils soient zonages de savoir et d'étude ou institutionnels et administratifs. Des regroupements de villes peuvent-ils conduire à un maillage territorial, une régionalisation du territoire ? Si nous considérons que le territoire dans son ensemble n'est pas constitué que des villes alors la réponse est négative. Par

²⁹ Bernard M., 2000 ; Royoux et *al.*, 1996.

³⁰ Chacun de ces *Réseaux de villes* possède un site Internet officiel « <http://www.reseaux-de-villes.org/> »

contre, si nous considérons que les espaces autour des villes peuvent être associés par proximité, voisinage³¹ ou similitude, comme dans les aires urbaines avec les communes rurales associées aux pôles urbains (Encadré 1, p.56), alors la réponse devient positive.

Notre travail propose des mises en réseaux de villes et des régionalisations du territoire (zonages institutionnels ou administratifs) autour de ces réseaux sur la base de zonages d'étude et de savoir. Cependant certaines de ces mises en réseaux ne permettent pas de dégager de découpage spatial. Dans ces cas, les mises en réseaux servent uniquement à l'étude du territoire. Les mises en réseaux suivront des hypothèses de connexités entre les villes sur lesquelles nous reviendrons après avoir présenté les méthodes et technique de découpages de l'espace qui peuvent parfois conduire à des maillages spatiaux.

Pôle urbains. *Unité urbaine* offrant 5000 emplois ou plus et n'appartenant pas à la couronne périurbaine d'un autre pôle urbain. Certaines unités urbaines dépassant le seuil de 5000 emplois sont sous la dépendance économique d'une unité urbaine plus importante : plus de 40% de leur population active résidente travaille dans le pôle ou dans les communes attirées par celui-ci. Ces unités urbaines sont alors incluses dans la couronne périurbaine du pôle sous l'influence duquel elles se trouvent.*

Aire urbaine. *Ensemble de communes d'un seul tenant et sans enclave, constitué par un pôle urbain, et par une couronne périurbaine formée de communes rurales ou d'unités urbaines dont au moins 40% de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci. Il peut arriver qu'une aire urbaine se réduise au seul pôle urbain. Pour la définition des aires urbaines des pôles frontaliers, dont une partie de l'agglomération est située à l'étranger, sont comptabilisés les flux à destination de la partie étrangère de l'unité urbaine pour déterminer les communes appartenant à la couronne périurbaine.*

Couronne périurbaine (d'un pôle urbain). *Ensemble des communes de l'aire urbaine à l'exclusion de son pôle urbain*

Communes multipolarisées. *Communes rurales et unités urbaines situées hors des aires urbaines, dont au moins 40% de la population résidente ayant un emploi travaille dans plusieurs aires urbaines, sans atteindre ce seuil avec une seule d'entre elles, et qui forment avec elles un ensemble d'un seul tenant.*

Espace urbain. *Ensemble d'un seul tenant de plusieurs aires urbaines et des communes multipolarisées qui s'y rattachent. Dans l'espace urbain multipolaire, les aires urbaines sont soit contiguës, soit connexe. Un espace urbain composé d'une seule aire urbaine est dit monopolaire.*

Espace à dominante urbaine. *Ensemble des aires urbaines et des communes multipolarisées. Il peut également se définir comme l'ensemble des espaces urbains.*

Espace à dominante rurale. *Ensemble des communes n'appartenant pas à l'espace à dominante urbaine. Cet espace comprend à la fois des petites unités urbaines et des communes rurales.*

<http://www.insee.fr/fr/nomenclatures/zau/index.html> (relevé le 8 nov. 2001)

Encadré 1 : le zonage en aire urbaine de l'INSEE (1998)

³¹ Nous reviendrons plus loin les définitions précises des concepts de voisinages et de proximité (p.72)

Conclusion

Les différents résultats des découpages, des zonages, des maillages et de la régionalisation proposent une progression du simple découpage de l'espace à la constitution de territoires qui couvrent tout l'espace et dont les limites sont adjacentes. Ces régionalisations servent d'abord à gérer les territoires. Nous avons montré que les villes et les relations qu'elles entretiennent tiennent une place prépondérante dans l'organisation des territoires et dans la conception de maillages. Puisqu'elle se base sur des lieux socialisés, appropriés et organisés par l'homme (les villes), une régionalisation autour d'un ensemble de villes est de fait une régionalisation de territoire.

Dans notre travail, les territoires régionalisés sont des ensembles de villes en relation. Leur régionalisation conduit à d'autres territoires, des réseaux de villes, où toutes les villes appartiennent à un réseau de villes et à un seul.

Mais plus que les délimitations dans la régionalisation, c'est à l'analyse des structures spatiales régionales que nous nous consacrons, nous inspirant par là des travaux dits de la « science régionale » (Lajugie J., Delfaud P., Lacour Cl., 1979). Les villes en relation offrent la possibilité de régionalisations des territoires en mettant en évidence des structures spatiales « régionales » ou locales, sans pour autant définir leurs délimitations.

Le prochain chapitre revient sur les villes et développe l'analyse des territoires par une approche interurbaine et par son organisation spatiale.

Bien que n'ayant pas pu la définir comme un concept, la définition région s'en rapproche. Nous montrerons avec l'apport d'une nouvelle approche dans les années 1960, que la notion devient concept avec la région-système ou le système-région (cf. p.65).

À partir des définitions données de la région, il nous semble que les entités spatiales que nous mettrons en place seront proches des régions métropolitaines ou des régions urbaines. Mais nous conserverons l'expression « réseaux de villes » pour définir les « régions » élaborées à partir de nos méthodes (n'allant cependant pas jusqu'au bout de la régionalisation).

Chapitre 2.

Systèmes de villes et structures spatiales

Après avoir présenté les différents découpages de l'espace et les notions qui s'y rattachent, ce chapitre se consacre à la définition des villes et des systèmes de villes. Leur fonctionnement, caractéristiques et propriétés vont définir les hypothèses et les principes de représentation des interactions spatiales.

Il adopte un plan axés sur deux approches : une approche « thématique » et une approche « formelle » dans laquelle la formalisation mathématique prend une large place.

Les deux premières parties du chapitre relèvent de l'approche « thématique ». La première s'attache à définir les villes et les systèmes de villes. La seconde montre dans quelles mesures l'espacement entre villes et leurs organisations hiérarchiques influent sur le fonctionnement et les caractéristiques des systèmes de villes. Ce sont ces caractéristiques qui permettront de poser les principes et les hypothèses de mises en réseaux de villes.

La troisième partie du chapitre présente les méthodes qui caractérisent les espacements, les organisations hiérarchiques et les distributions spatiales dans un système de villes en général et dans un réseau de villes en particulier. Cette approche « formelle » par les répartitions spatiales, les organisations hiérarchiques et les distributions spatiales permet de dégager des modèles théoriques de structures spatiales. Ces méthodes et ces modèles théoriques permettent de caractériser les organisations spatiales des réseaux de villes que nous modélisons et de définir leurs différentes structures spatiales par comparaison avec les structures spatiales des modèles de référence.

Nous disposons alors d'un ensemble suffisant de connaissances pour déterminer les propriétés fondamentales des systèmes de villes, et les caractéristiques particulières des systèmes de villes étudiés. Conformément à ces propriétés générales et ces caractéristiques particulières, nous sommes alors en mesure de proposer une représentation des interactions spatiales entre villes.

A. Les villes en systèmes

L'interaction est un concept majeur et indissociable de l'approche systémique. Ainsi, lorsque l'on s'intéresse au concept d'interaction spatiale entre les villes, nous faisons de fait référence au concept de « système », et plus particulièrement à celui de « système de villes ».

Cette section débute par une définition succincte de la notion de ville pour présenter par la suite celle du « système de villes », après un bref rappel sur l'approche systémique et ses concepts essentiels.

A.1. La ville

À l'origine la ville se distinguait de la campagne par un double contraste lié à la délimitation spatiale et à la nature du peuplement. L'urbain fut d'abord ce qui se trouvait à l'intérieur des remparts, des fortifications³² et le rural ce qui était à l'extérieur. Alors que le rural se caractérisait par un peuplement lié à l'exploitation des terres, l'urbain se caractérisait par le développement d'une économie de marché, et comme lieu de l'organisation de la société (Beaujeu-Garnier J., 1980). Aujourd'hui la différenciation spatiale n'est plus aussi nette, l'opposition ville-campagne n'existe plus, tout du moins dans un sens primaire (Beaujeu-Garnier J., 1980). Aussi tenter de définir ce qu'est une ville n'est pas chose aisée. Bien que l'exode rural touche toute la planète, tous les territoires ne peuvent pas être considérés comme urbains. Quelle que soit la définition de l'unité de peuplement qu'elle forme, la ville concentre toujours des hommes, des activités, des biens et des services rares. Par la « métropolisation » (Lacour C., Puissant S., 1999), la ville est devenue un élément majeur pour le développement et la gestion territoriale. Elle est un facteur essentiel de la structuration de l'espace. Mais du fait de la multiplicité des territoires, des sociétés et de leurs fonctionnements, il est devenu quasi impossible de donner une définition « internationale » de la ville. Les densités de population, les activités et les tailles de ces villes font que les situations ne sont pas toujours comparables. En définissant la ville sur le critère de la taille démographique, par exemple, ce qui est considéré comme un petit village rural de 10 000 habitants en Chine peut-être une petite ville en France. Évidemment, intégrer d'autres facteurs est possible,

³² Murailles, fortifications, remparts... sont à l'origine du nom « ville ». R. Brunet *et al.* (1993) nous apprennent que ville et ses dérivés (urbain, pôle, bourg...) tirent leurs « racines de *weik* (clan, groupe), *pele* (habitat fortifié), *bhergh* (hauteur), ou encore *urbs*, dans un latin d'origine incertaine ».

mais leur prise en compte et leur nature diffèrent d'un pays à l'autre, d'une société à une autre. Cette complexité de la ville se résume, pour l'Union Géographie Internationale, par la définition suivante : « [la ville est l'] *espace où sont habituellement diluées densités et équipement* ». Mais de quelle densité et de quel équipement parle-t-on ?

La plupart des définitions actuelles sont basées sur la taille, par la population (absolue, densité), ou/et sur les relations qu'elles entretiennent, ou/et sur la concentration des activités. Ainsi en France, nous retrouvons dans la définition des « Unités urbaines » ou « Agglomérations » une définition morphologique de la ville basée sur le continuum du bâti. La ville est alors une entité morphologique, résultat de la mise en évidence de discontinuités spatiales. Pour la gestion du territoire, cette définition sert de base pour tout ce qui concerne la mise en place d'infrastructures lourdes comme les routes par exemple. Pour l'analyse des territoires, elle est employée notamment pour des analyses comparatives à différentes échelles (Moriconi-Ebrard Fr., 1992, 1993 ; Le Gléau J.-P., Pumain D., Saint-Julien Th., 1996). En Espagne, en Italie ou au Portugal, nous trouvons le seul critère démographique pour définir une ville (Pumain D. et al., 1992 ; Le Gléau J.-P., Pumain D., Saint-Julien Th., 1996) : au-delà d'un certain seuil de population l'entité spatiale est considérée comme ville³³. Dans d'autres pays, comme en Allemagne, ce sont uniquement les limites administratives qui délimitent les villes : c'est l'unique « *statut juridique ou administratif* » qui définit la ville (Le Gléau J.-P., Pumain D., Saint-Julien Th., 1996). Dans d'autres cas, elle est simplement une entité législative, sans critère, comme en Roumanie (Emsellem K., 2000). Mais de nos jours, ce sont de plus en plus les relations entre les villes qui déterminent les limites de l'urbain. C'est la définition fonctionnelle de la ville relevée par exemple dans le Zonage en Aires Urbaines (Z.A.U.) de l'INSEE (Encadré 1, p.56).

Morphologique ou fonctionnelle, statique ou dynamique, pour la gestion territoriale et/ou pour l'analyse des territoires, les limites de la ville comportent d'inévitables artefacts. C'est le cas du problème que soulève la définition morphologique des agglomérations avec les phénomènes de conurbation dont « *le regroupement spatial n'est pas un facteur de renforcement fonctionnel de chacun des centres : ainsi le rayonnement de deux unités locales de 500 000 habitants groupées en une seule conurbation est plus faible que celui d'une agglomération mono-nucléaire d'un million d'habitants* » (Moriconi-Ebrard Fr., 1994).

Les densités de population ou les activités ont tendance à former des gradients et à se diluer du centre vers la périphérie, ce qui conduit à penser la ville comme une entité spatiale aux frontières incertaines ou floues autour des relations et des flux de voisinage entre villes. Ces villes en relation définissant des espaces montrent à quel point les

³³ En Espagne et en Italie, le seuil est de 10 000 habitants (Le Gléau J.-P., Pumain D., Saint-Julien T., 1996)

réseaux inter-urbains sont devenus aussi importants que les villes elles-mêmes dans la structuration de l'espace. La ville est alors considérée, telle une cellule du corps humain, comme un « organisme ouvert » (Moriconi-Ebrard Fr., 1993), caractéristique fondamentale des systèmes³⁴.

A.2. Les systèmes de villes

L'approche systémique s'est développée aux États-Unis à partir des années 1940, bien que des bribes de développements soient retrouvées avant, pour apporter une aide à la compréhension et à la modélisation d'un monde qu'on souhaite de plus en plus étudier dans sa complexité. C'est L. von Bertalanffy (1973) qui a formalisé pour la première fois cette approche dans son ouvrage de référence *La théorie générale des systèmes*. En France, ce sont en particulier deux ouvrages qui ont vulgarisé cette approche dans les années 1970 : le rapport *Halte à la croissance* du club de Rome en 1972 et *Le Macroscopie* de J. de Rosnay en 1975. Depuis, cette approche a connu de nombreux développements, entraînant des dizaines de définitions de la notion de système. Les différentes écoles développant cette approche s'intéressent chacune à des points particuliers de l'approche générale (Pumain D., Sanders L., Saint-Julien Th., 1989 ; Durand D., 2002).

Par rapport à une approche analytique dans laquelle prédominent les préceptes « d'évidence, de réductionnisme (priorité à l'analyse), de causalité (raisonnement linéaire) et d'exhaustivité », l'approche systémique adopte les préceptes « de pertinence (par rapport au chercheur), de globalisme (par rapport à l'environnement du système), de téléologie (un but, une finalité) et d'agrégativité (en vue d'une représentation simplificatrice) » (Le Moine J.-L., 1984).

Quelques morceaux choisis des définitions du système :

- pour F. de Saussure³⁵ (1916), c'est « une totalité organisée, faite d'éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres » ;
- pour L. von Bertalanffy (1973) c'est « un ensemble d'unités en interrelations mutuelles » ;

³⁴ « La ville est un système dans un système » (Berry B.J.-L., 1964).

³⁵ Linguiste précurseur dont les travaux sur les systèmes en linguistique ont été écrits à titre posthume en 1916 sur la base de ces cours par deux de ces disciples.

- pour J. de Rosnay (1975) c'est « ... un ensemble d'éléments interdépendants, c'est-à-dire liés entre eux par des relations telles que si l'une est modifiée, les autres le sont aussi et par conséquent tout l'ensemble est transformé »...« des éléments en interrelations dynamique, organisés en fonction d'un but » ;
- pour J. Lesourne (1976), c'est « un ensemble d'éléments liés par un ensemble de relations » ;
- pour E. Morin (1977), c'est « une unité globale organisée d'interrelations entre éléments, actions ou individus ».

À partir de ces définitions de bases, les systèmes comportent un double aspect : structurel et fonctionnel.

La structure est formée :

- d'une **frontière** avec l'environnement extérieur. Lorsque les systèmes entretiennent des relations avec un environnement extérieur, ils sont dits ouverts³⁶. Ces relations avec l'extérieur font que le système appartient lui-même à un méta-système : un système de système. À l'intérieur de la frontière du système, l'environnement interne et ses interactions font que les systèmes contiennent généralement des sous-systèmes ;
- des **éléments** dénombrés, identifiés ;
- d'un **réseau** de relations ;
- des **réservoirs** qui stockent l'énergie du système.

L'aspect fonctionnel est constitué :

- des **flux** de natures diverses ;
- des **centres de décisions** qui reçoivent l'information et les transforment en action ;
- des **boucles de rétroaction** ;
- des **délais de réponse**, dans son fonctionnement.

À ces aspects structurels et fonctionnels, des concepts fondamentaux complètent le paradigme :

- **l'interaction**, ou l'interdépendance, traduit la réciprocité des influences entre deux éléments ;

³⁶ Les systèmes fermés ne sont que théoriques et expérimentaux.

- la **globalité** : c'est le tout qui permet d'entrevoir la complexité des phénomènes ;
- l'**organisation du système**, formée de l'état du système et le processus ;
- La notion de **but ou de finalité** du système, s'il existe ou de celui qui le conceptualise.

Souvent modélisé par le discours ou le langage mathématique, c'est le langage graphique sous la forme de diagrammes sagittaux qui est particulièrement apprécié pour formaliser le système, pour son degré d'abstraction et de complexité relativement faible par rapport aux autres représentations (Groupe Dupont, 1992 ; Durand-Dastès F., 2000³⁷ ;).

Les références à l'approche systémique sont anciennes dans toutes les disciplines. Bien avant F. de Saussure (fin du XIX^e siècle), la formule de B. Pascal (1670) : « ... *Je tiens pour impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties* », en est une parfaite illustration. Dans l'histoire de la géographie française, les travaux de Reynaud (1841) ou Reclus (fin du 19^e siècle) font implicitement référence à cette approche. E. de Martonne écrivait dans *La Valachie* (1902) : « *aucun fait n'est étudié pour lui-même, comme le fait un géologue ou un statisticien, mais comme partie d'un tout, rouage d'une grande machine, anneau dans la chaîne des causes et des effets qui règlent la vie d'une région...* ». Les premiers et les plus aboutis des travaux utilisant explicitement l'approche systémique sont l'œuvre de R.J. Chorley en géomorphologie et en géographie physique (1962).

Tout géographe utilise l'approche systémique « *qu'il le veuille ou non, qu'il le sache ou non, et n'a guère affaire qu'à des systèmes. Mais il a rarement utilisé [consciemment] l'approche système* » (Brunet R., 1979). La géographie, en cherchant à comprendre comment les sociétés aménagent, et organisent l'espace et les effets et contraintes de l'espace et son organisation sur ces sociétés (Brunet R., Dollfus O., 1990), fait explicitement référence à l'approche systémique (Baudelle G., Pinchemel P., 1986).

Les études géographiques, qui insistent particulièrement sur les interactions entre les lieux et les sociétés, sont d'essence systémique. Elle trouve alors un champ d'application idéal dans la modélisation et formalisation des interactions entre les villes.

³⁷ Lors du séminaire « *Les schémas sagittaux* » du groupe R.A.S. (Réflexion sur l'Analyse Spatiale), UMR 6012 Espace à Montpellier.

La notion de systèmes de villes, bien que développée assez récemment est une notion plutôt ancienne puisque J. Reynaud en 1841 employait déjà le terme de « *système général des villes* » (Robic M.-C., 1993). Mais le terme était loin de la formalisation développée bien plus tard. Les travaux de A.K. Philbrick (1957), J.D Nystuen. et M.F. Dacey (1961) ou encore B.J.-L. Berry (1964) sont quant eux plus explicites, et la notion de système est utilisée avec le formalisme actuel.

Une définition simple et concise d'un système de villes est donnée par A.R. Pred (1973) qui le définit comme : « *un ensemble de villes interdépendantes dans le sens où tout changement significatif dans les activités économiques, les structures d'emploi, le revenu total et/ou la population d'une ville membre du système, apportera directement ou indirectement, des changements dans les activités économiques, la structure d'emploi, le revenu total et/ou la population d'une ou plusieurs autres villes du système* ».

Dans l'étude des systèmes de villes, par rapport à la terminologie générale, la terminologie des notions et concepts systémiques est précisée par la thématique. Les interactions entre les éléments, les villes, s'appuient sur des réseaux matériels et immatériels, véritable squelette des systèmes de villes. Les frontières ou limites du système sont connues et perméables faisant des systèmes de villes des systèmes ouverts.

De nouvelles villes peuvent intégrer un système de villes sans que celui-ci ne soit profondément bouleversé. C'est d'ailleurs une des caractéristiques majeures des systèmes, celle de la résilience. **La résilience des systèmes de villes** est leur capacité à perdurer dans le temps, à conserver les mêmes structures : c'est leur propension à conserver un équilibre (stable ou instable). En général, les structures des systèmes de villes ont une forte inertie temporelle (Pumain D., Saint-Julien Th., 1978 ; Pumain D., 1982 ; Guérin-Pace F., 1993), les changements n'apparaissant que sur plusieurs décennies. Ce concept de résilience est alors indissociable de celui d'**auto-organisation** qui traduit le fait que le système de villes détermine lui-même les processus de son organisation. Ce qui lui permet de « s'adapter » aux changements. Ces deux derniers concepts focalisent les travaux du courant de la *Synergétique* développée autour des travaux de H. Haken (1977) ou de G. Haag (1984).

Enfin, avec l'approche systémique, un retour sur la notion de région est indispensable. La région prend, avec cette approche, une autre dimension avec les définitions de la **région-système** et du **système-région**. Avec l'intégration de cette approche systémique, la notion de région est éclaircie pour atteindre celle du concept avec une définition théorique et une formalisation tenant compte de la complexité régionale. Nombre d'auteurs voient dans le système et l'approche systémique la réponse à une

définition du « concept » de région (Brunet R, 1972 ; Dumolard P., 1975 ; Dauphiné A., 1979 ; Auriac F., 1983).

Avec ce concept de région-système, le plus pertinent pour la région, les autres découpages régionaux apparaissent comme de la spatialisation de l'information.

La région est considérée alors comme la structure qui reflète l'état du système régional ouvert et complexe (Brunet R., 1972). « *La région est une structure qui reflète l'état de son système. Elle se définit par un ensemble de relations entre ses composantes et non par le territoire sur lequel sa structure se réalise* » (Auriac Fr., 1983). La région est proche de la notion de région « *espace vécu* » (Frémont A., 1976), c'est une entité sociale. La région est un territoire avec une structure particulière dans laquelle fonctionne un système régional.

Un ensemble de propositions pour formaliser ce concept de région-système est fourni par P. Dumolard (1975) :

- Proposition 1 : *La région est une réalité observable à plusieurs échelles ; à une échelle donnée, tout point de l'oekoumène participe à une région au moins.*
- Proposition 2 : *La région est un système ouvert complexe ; la structure régionale est l'état interne instantané de ce système.*
- Proposition 3 : *Le principe d'existence de la région est sa cohésion dans l'espace et dans le temps.*
- Proposition 4 : *Fonctionnalité et communauté de « culture » sont les facteurs de la cohésion régionale.*
- Proposition 5 : *Homogénéité et hétérogénéité sont deux formes extrêmes de cohésion régionale.*
- Proposition 6 : *Formes et facteurs de cohésion se combinent.*

Conclusion sur les villes, les réseaux et les systèmes de villes

Dans cette section sur les systèmes de villes, résolument synthétique, ont été exposées les orientations conceptuelles et théoriques qui guident les développements suivants. Elle rappelle que les réseaux et les systèmes sont indissociables et qu'ils ne s'opposent pas. Au contraire, ils n'existent pas l'un sans l'autre (Kansky K., 1963 ; Dupuy G., 1991 ; Parrochia D., 1993). Une approche par les réseaux des villes sous-tend une approche systémique (sans être toujours explicite). Et, à l'inverse, une approche par le système sous-tend une approche réseau. Ces deux approches sont essentielles à la

connaissance des organisations et des structures spatiales à l'intérieur des ensembles de villes.

Des propriétés majeures qui permettent d'évaluer les interactions spatiales et de qualifier les structures spatiales des systèmes de villes sont celles qui ont trait à son organisation hiérarchique et aux espacements entre les villes du système. C'est ce qui est développé dans la section suivante.

B. Fonctionnements et caractéristiques des systèmes de villes

Dans un système de villes, les interactions spatiales entre villes dépendent de nombreux facteurs en interrelations. Pour pouvoir représenter ces interactions spatiales basées sur des fondements théoriques, il faut déterminer les facteurs qui permettent d'en faire la modélisation.

La distance est reconnue comme une caractéristique majeure dans l'interaction spatiale entre deux villes. D'un autre côté, l'organisation hiérarchique du système étudié et les positions des villes dans cette hiérarchie peuvent favoriser ou limiter les interactions spatiales entre elles. Ces critères sont alors essentiels dans le fonctionnement et les caractéristiques du système.

Pour se convaincre de la pertinence du choix de ces critères d'espacements et de hiérarchie dans la modélisation des interactions spatiales pour régionaliser les territoires, nous présentons, leur définition et leur rôle dans les relations interurbaines et dans la structuration de l'espace.

Ces éclaircissements sur les fonctionnements et les caractéristiques des systèmes de villes permettent de poser des hypothèses sur les relations entre villes et leur principe pour représenter les interactions spatiales et créer des réseaux de villes.

B.1. Les espacements entre les villes

Nous appelons « espacement » l'intervalle, la séparation, mesurée par un écart, une distance caractéristique entre deux lieux de même nature (Brunet R., 1990 ; Pumain D., Saint-Julien Th., 1997). Il permet de définir les situations des objets les uns par rapport aux autres. Le fait d'être espacé renvoie à l'image d'objets relativement éloignés les uns des autres. L'espacement est obligatoire puisque les objets ne peuvent pas occuper la même place. La distance est alors introduite sous la forme de la localisation ou position absolue (X, Y, Z ; latitude, longitude, altitude, etc.) et utilisée pour l'analyse des positions relatives des objets localisés (ligne, point, surface) les uns par rapport aux autres. Étant ce qui sépare, la distance représente donc un « obstacle » (Huriet J.-M., Perreur J., 1990) et sert essentiellement à calculer des accessibilités (Pumain D., 1992³⁸). Elle est alors si essentielle dans l'analyse des espaces qu'elle est introduite comme attribut (facteur déterminant) dans de nombreux modèles (Pumain D., 1992). Elle représente toujours un effort, un coût, une perte d'énergie qui peut dévaloriser les lieux éloignés, et être vécue négativement ou positivement.

Bien que les moyens de communication se soient beaucoup développés et aient considérablement réduit les espacements entre les villes en termes de vitesse et de coût (Janelle D.G., 1968 ; Forer P., 1973 ; Bretagnolle A., 1999), la distanciation (éloignement) entre les lieux demeurent encore un facteur essentiel dans les déplacements des individus, dans les relations inter-urbaines, plus généralement dans toutes les relations entre les lieux (Pumain D., 1996³⁹). Aussi, deux villes proches ont plus de chance d'entretenir des relations que deux villes très éloignées, pour certains types de biens et services dits « de proximité » tels que ceux qui sont représentés par les migrations pendulaires, les comportements d'achats commerciaux, etc. (Berry B.J.-L., Barnum H.G., Tenant R.J., , 1962 ; Berry B.J.-L., 1967), « *parce qu'il y a de fortes chances qu'ils relèvent de déterminants identiques ou d'un même système localisé* » (Vant A., 1998). C'est une des raisons pour lesquelles les échanges de courte portée sont encore quantitativement plus importants que les échanges de longue portée.

L'espacement peut être mesuré de différentes manières. Cette mesure peut être qualitative comme dans le cas des distances dites « cognitives » ou quantitative comme la distance kilométrique, distance-temps, distance-coût entre deux villes.

³⁸ Dictionnaire électronique IUFM.

³⁹ Dans l'encyclopédie numérique *Hypergéogé*, définition de la notion de « distance » par D. Pumain. 1996 est la date de la création du site.

Certaines distances de quelques kilomètres qui pouvaient sembler importantes dans le passé ne le sont plus aujourd'hui. Les espacements dans le temps changent tout comme leurs représentations et leurs mesures. L'espace est alors perçu, mesuré par une distance cognitive ou mentale issue de la représentation psychologique individuelle ou collective (Frémont A., 1976), qui déforme l'espace (Janelle D.G., 1968,1969 ; Forer), parfois influencé par des contraintes de déplacement. Si la corrélation entre ces distances perçues et les distances physiques a été maintes fois montrée (relations linéaire, puissance ou logarithmique), parfois avec surestimation des distances courtes et moyennes, et une sous-estimation des distances longues (Charlier-Vanderschraege D., 1983), parfois à l'inverse (Canter D., Tagg S.K., 1975), les distances-temps et les distances-coût se rapprochent de celles de l'espace physique sur de nombreux espaces, notamment sur des distances physiques réduites. Avec l'avènement de l'ère des réseaux, le support de mesure des proximités change. C'est le long du réseau que nous mesurons les espacements, en fonction de relations directes ou du nombre d'intermédiaires le long de ce réseau. Dans un réseau social, moins il y aura d'intermédiaires entre deux personnes, moins une information qui circule dans le réseau aura de chance d'être déformée. Dans la chaîne de la fabrication d'un bien au consommateur, les intermédiaires viennent donner un surcoût au bien qui se répercute sur le prix de vente final. Pour une entreprise, à l'inverse, les succursales, les filiales sont des nœuds privilégiés du réseau d'entreprises leur conférant une position préférentielle de diffusion des biens, des informations (point d'entrée régional, économie de distribution...).

« La prise en compte de l'espace signifie qu'il est supposé, par sa nature et ses caractéristiques, influencer l'organisation et la dynamique du système tout autant que d'autres composantes sociales, culturelles, politiques, économiques, environnementales, etc. L'espace ne joue donc pas seulement un rôle de support, mais aussi un rôle actif : les interactions entre la structuration de l'espace et l'organisation fonctionnelle du système sont nombreuses et permanentes, parfois plus difficiles à percevoir que l'impact des actions humaines. » (Bavoux J.-J. et *al.*, 1998).

Espacement et villes

Les espacements entre les villes reposent surtout sur les flux d'individus (déplacements, migrations, ...), d'informations et de communications (téléphone, Internet, ...), de biens (marchands, non-marchands, ...). Les espacements conditionnent ces relations, ces liens. En retour, les liens entre les villes influent sur les espacements. C'est, par exemple, « l'accroissement des flux qui peut induire un renforcement des infrastructures et une réduction de la distance-temps entre les villes » (Cattan N., Grasland Cl., 1994). Ces relations, en particuliers les déplacements, deviennent de plus en plus rares avec l'éloignement (Berroir S., 1997). Les déplacements dits exceptionnels, car

moins fréquents, imposent souvent alors de plus longues distances. Mais quelles que soient les distances à parcourir, à services offerts comparables, la préférence pour la proximité transforme le coût et la distance-temps en critères essentiels du choix du déplacement.

Du fait de l'importance de l'éloignement dans les échanges, les liens, les relations, la distance ont été intégrés dans de nombreux modèles spatiaux qui servent aujourd'hui de référence dans l'analyse des localisations et organisations spatiales (Tableau 3, p.71).

Auteur	Date	Problématique	Prise en compte des espacements
Von Thunen	1826	Affectations agricoles du sol pour en maximiser les revenus	Distance des surfaces exploitables au marché local
A. Weber	1909	Localisations industrielles et d'extraction du sol pour en maximiser les revenus	L'optimisation est affaire, entre autres, de proximité des usines entre elles
Reilly W.J.	1931	Analyse des marchés par analogies avec des modèles des sciences physiques	Prise en compte des distances et des tailles de villes dans le calcul de leurs limites d'influence
Christaller W.	1933	Distribution des centres d'échange à activités tertiaires importantes	En intégrant la taille des villes et les portées des activités, explique les espacements réguliers entre les places centrales en fonction de leurs distanciations

Tableau 3 : la prise en compte des espacements dans des modèles spatiaux de référence⁴⁰ (Cicéri M.-F. *et al.*, 1977)

Parmi ces modèles, ceux issus des modèles gravitaires se focalisent sur l'estimation des relations avec les modèles de flux, les modèles d'interaction et de potentiel (Derycke P.-H., 1993). Les modèles gravitaires reprennent ce principe de la décroissance de l'intensité des relations avec la distance (Reilly W.J., 1931). Ainsi dans la recherche d'une aire d'influence d'une ville, d'une zone d'attraction commerciale ou aire de chalandise, les densités de population urbaines suivent la règle de décroissance du centre vers la périphérie (Reilly W.J., 1931 ; Berry B.J.-L. *et al.*, 1962 ; Berry B.J.-L., 1967).

Le modèle de Reilly, et ses variantes, reprennent cette idée que la détermination des aires d'attraction décroît avec la distance au lieu et que, généralement, la fréquence ou l'intensité des flux de biens, de capitaux, de migrations alternantes décroît selon une fonction exponentielle ou puissance négative de la distance (Pumain D., 1992⁴¹ ; Sen A., Smith T., 1995 ; Grasland Cl., 2000). Ainsi le centre devient synonyme de proximité et la périphérie synonyme d'éloignement. La décroissance du centre vers la périphérie des

⁴⁰ Élément tiré de la figure 18 page 56 de « *Introduction à l'analyse de l'espace* » de M.-F. Cicéri, B. Marchand et S. Rimbart (1977), sauf pour la prise en compte de l'espacement dans le modèle de W. Christaller (Beguine H., 1990 ; Pumain D., 1996, *Hypergéométrie*). Nous ne donnons ici aucune formalisation de ces modèles, l'intérêt réside à ce niveau dans la prise en compte de l'espacement.

⁴¹ Encyclopédie électronique IUFM.

relations, forme parfois des gradients et finit par mettre en évidence des limites d'influence (Frémont A., 1976), des aires d'influence. Ce sont ces aires d'influence que nous nommons également portées, auxquelles s'associe le concept de seuil.

Ces concepts de seuil et de portée, mis en évidence à partir des relations de commerces et de services par B.J.-L. Berry et ses collègues (dans les années 1960), découlent directement de ces principes de réduction des interactions avec la distance. La portée se définit comme la distance maximale de vente d'un bien ou d'influence d'une ville. Pour A. Lösch (1940), cette portée correspond à l'accès à un marché suffisant pour développer un bien ou un service. Mais le déplacement et son coût (en argent, en temps ou en énergie) est fonction de la valeur (rareté) du bien ou du service offert. Le seuil⁴² « marque une rupture, une discontinuité, une limite dans l'espace, le temps ou le mouvement » (Brunet R. *et al.*, 1992). S. Berroir (1997) montre que la très grande majorité des navetteurs travaillant dans une unité urbaine de plus de 100 000 habitants effectuait une distance maximale de 40 kilomètres. Un seuil de 40% des migrations domicile-travail d'une ville « satellite » vers une « ville-centre » permet de définir la « portée » de cette « ville-centre » et ainsi que les contours d'une Aire urbaine (avec des contraintes de contiguïté spatiale).

Proximités et voisinages

Deux concepts essentiels dans le discours sur les espacements sont tour à tour utilisés pour exprimer la même idée d'un espacement réduit : le voisinage et la proximité. Il existe pourtant une différence fondamentale entre la proximité et le voisinage qui tient au résultat des mesures de chacun. Le résultat de la mesure de la proximité spatiale est une **valeur**⁴³ (souvent numérique, parfois qualitative) associée à tout couple de lieux. Alors que quel que soit le type d'espace d'analyse, le résultat de la mesure d'un voisinage est un **ensemble** de lieux (Bellet M., Kirat Th., 1998).

Toutes les mesures de distances, d'écarts, de similarités ou dissimilarités entre deux lieux, font partie des mesures de proximité (Largeron C., Auray J.-P., 1998). La proximité permet de quantifier et de comparer les espacements entre deux lieux par rapport à un seuil : les lieux sont éloignés (ou proches) si la mesure de la proximité est supérieure (ou inférieure) au seuil. Elle permet la comparaison des valeurs d'espacement de couples de lieux. La proximité peut rester relative à la perception de ce qui est proche. Elle peut varier avec les individus, avec la représentation qu'ils ont de l'espace. Elle est souvent

⁴² Pour une définition plus proche des considérations économiques, « limite de population ou de production qui permet l'apparition d'une nouvelle fonction » (Cicéri M.-F., Marchand B., Rimbart S., 1977). C'est aussi pour un bien, « la quantité consommée et produite minimale requise pour assurer un profit positif au producteur » (Beguín H., 1988).

⁴³ Cette valeur peut être un rapport notamment un rapport de tailles pour mesurer les proximités hiérarchiques.

associée aux distances perçues notamment dans les mobilités ou la diffusion, ce qui revient à dire que « *la proximité spatiale n'est donc ni l'indicateur, ni le garant de la proximité sociale et culturelle* » (Vant A., 1998). Mais « *derrière la notion de proximité, il y a la connotation d'interaction, d'échanges de relations et de dynamiques* » (Bellet M., Kirat Th., 1998), ce qui pousse naturellement en faveur de l'utilisation de la notion de proximité pour une approche sur les systèmes et réseaux de villes.

Toutes les mesures de contiguïté d'ordre n , de connexité d'ordre n font partie des mesures de voisinages. Alors qu'il n'existe pas à proprement parler une définition mathématique de la proximité, le voisinage possède différentes formalisations mathématiques (cf. p.137) qui s'appliquent à tous les types d'objets (points, lignes, surfaces) (Bellet M., Kirat Th., 1998 ; Largeron C., Auray J.-P., 1998). Ce voisinage peut « *donner une appréciation qualitative de la proximité entre deux points : l'un est dans le voisinage de l'autre ou non* » (Lamure M., 1998). Le concept de voisinage dans des ensembles mathématiques abstraits (nombres, points du plan ou de l'espace, vecteurs, fonctions) conduit à la notion d'espace topologique, dont il est à la base, et sur lequel nous reviendrons plus loin (cf. p.87, p.137).

L'espace et sa mesure dépendent du type de représentation de l'espace géographique que nous exposons après avoir introduit la seconde caractéristique fondamentale des systèmes de villes : la hiérarchie urbaine.

B.2. Les hiérarchies urbaines

Au sens le plus commun, une hiérarchie relève d'un ordre qui implique des niveaux distincts, des inégalités, un pouvoir associé à chaque niveau qui s'accompagne d'une subordination (Brunet R., Ferras R., Théry H., 1992). Plus on s'élève dans la hiérarchie, et plus le pouvoir sur les éléments de la base de la hiérarchie est fort. L'image la plus facile à retenir est celle d'une pyramide avec les dominés en bas de la pyramide, et les dominants au sommet de la pyramide. Plus on monte dans la hiérarchie, moins les dominants sont nombreux et inversement dans l'autre sens. Dans le langage courant, « la hiérarchie » est utilisée pour désigner une ou des personnes dotées de pouvoirs plus importants (que la personne de référence).

En géographie en général, et en analyse spatiale en particulier, nous parlons souvent de hiérarchies. Lors de l'étude des villes notamment, les expressions « hiérarchie urbaine » et « hiérarchie des villes » sont fréquentes. Pourquoi parlons-nous de

hiérarchies alors qu'elles sont rares si nous reprenons leur sens littéral ? Les villes se distinguent toutes par des caractéristiques différentes qui permettent parfois d'établir ces hiérarchies. C'est par exemple, la ramification des pouvoirs politico-administratifs attribués par l'État à certaines villes qui crée de la hiérarchie : capitales nationales, préfectures, sous-préfectures, chef-lieu de cantons, etc. Les villes sont alors liées fonctionnellement de façon hiérarchique (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997). Plus généralement, les caractéristiques des villes fournissent un moyen d'appréciation de leur positionnement, qui permettent de les classer, et de distinguer ou de définir par là des niveaux de fonctions de villes. Ces niveaux sont d'autant plus élevés que les fonctions sont rares et qu'elles ont de la valeur. Ce sont ces niveaux de villes, ces « *hiérarchies de niveaux* » (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997) que nous appelons par abus de langage des hiérarchies de villes ou hiérarchies urbaines bien qu'il n'y ait que rarement une stricte subordination d'un niveau à l'autre (sauf dans le cas d'institutions hiérarchisées). La subordination peut naître de la dépendance -économique, politique, culturelle- des villes les unes par rapport aux autres. Comprendre l'organisation hiérarchique des systèmes, c'est mettre en évidence des différences entre les villes qui permettent de dégager ces niveaux de villes. C'est montrer l'existence d'ordres, de subordinations (ou pseudo-subordinations) des villes les unes par rapport aux autres, des degrés dans les niveaux. Cette organisation constitue « *pour certain la propriété majeure des systèmes de villes* » (Le Gléau J.-P., Pumain D., Saint-Julien Th., 1996).

Si les caractéristiques permettent parfois d'établir des niveaux, la hiérarchie urbaine d'ensemble demeure difficilement visible. Elle est le plus souvent multiple et l'inexistence de subordination générale en est la principale cause (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997).

B.2.1. L'organisation hiérarchique et les emboîtements de niveaux dans les systèmes de villes

Dans un système de villes, le niveau structurel, qui a trait aux éléments, les villes, établit dans un premier temps une hiérarchie urbaine axée sur les attributs des villes. Les plus pertinents sont les niveaux de fonction, de services, de richesse, de population, de la ville. Ils permettent de comparer les villes les unes aux autres. « *La ville est un nœud dans un réseau hiérarchisé de relations, elle se définit alors par sa position relative dans une hiérarchie complexe de fonctions productives, sociales et territoriales s'exerçant non plus à l'échelon géographique local mais à l'échelon du réseau, régional ou national* » (Pumain D., Sanders L., Saint-Julien Th., 1989). Ces niveaux de fonctions des villes déterminent des formes d'organisations hiérarchiques.

En paraphrasant la classification de G. Dematteis (1991), nous définissons les systèmes « *équipotentiels* » et les systèmes à « *hiérarchie déterminée* »⁴⁴.

Un **système de villes est équipotentiel ou homogène** s'il associe plusieurs villes de tailles comparables sur plusieurs niveaux de comparaison (vision discontinue de la hiérarchie). Plus la taille des villes augmente, et plus le nombre des villes décroît (vision continue de la hiérarchie). Cette homogénéité spatiale renvoie à l'entraide (même taille), à la complémentarité ou à la concurrence des villes. Ce système homogène ou équipotentiel de villes est un système hiérarchisé. Un certain nombre de grandes villes dominant un ensemble de villes moyennes plus nombreuses, qui elles-mêmes dominant des petites villes encore plus nombreuses. Le système hiérarchisé fonctionne alors par des relations d'intermédiarité entre des grandes villes, des villes moyennes puis des petites villes. Ce sont par exemple, « *dans les vieux pays centralisés comme la France, les administrés [qui] ont l'obligation de s'adresser d'abord aux échelons intermédiaires préfectoraux ou régionaux avant de monter jusqu'à l'échelon national* » (Beaujeu-Garnier J., 1980).

Le **système à hiérarchie déterminée** correspond au **système de villes polarisé**. Le système est dominé par une grande ville qui polarise une grande part des relations inter-urbaines : aller-retour entre le polarisant (grande ville) et le polarisé (la petite ville). Les relations correspondent à des flux de population, de biens et de services. La hiérarchie est alors très marquée⁴⁵ en ce sens qu'il existe une véritable rupture dans le niveau des villes entre une grande ville, qui concentre une grande part des fonctions, de la population, des services et des biens, les pouvoirs administratifs et institutionnels, et le reste du système, dépourvu d'une majorité de ces attributs.

Une hiérarchie de niveaux de villes existe également dans le sens où chaque ville peut appartenir à un sous-système qui compose un méta-système. Lorsque l'on monte dans la hiérarchie, on change de système (Pumain D., 1982). L'imbrication des mailles est la marque d'une hiérarchie de niveau qui donne l'impression d'appartenance à plusieurs territoires à la fois, à différentes échelles, sur différentes thématiques (Vanier M., 1997).

Hiérarchies emboîtées de systèmes de villes : hiérarchies administratives et « principe de marché » :

Berry B.J.-L. (1964) propose d'appréhender un système de villes en trois niveaux : le système dans son ensemble, les villes et les acteurs, une hiérarchie de niveau qui est, dans cette classification, l'échelle d'observation. À l'intérieur de chacun de ces niveaux des hiérarchies de niveaux existent également.

⁴⁴ Dans sa typologie, Dematteis emploie le terme de réseau et non celui de système.

⁴⁵ La tendance est à cantonner la polarisation de la petite ville vers la grande ville alors que d'un point de vue systémique, il s'agit d'une interaction.

Ce qui nous intéresse plus particulièrement c'est le niveau de l'ensemble des villes. La hiérarchie des villes et les sous-systèmes qui composent tout système de villes (en reprenant les 3 niveaux précédents, il y a au moins la ville ou les acteurs) construisent une hiérarchie de niveaux des interactions. La hiérarchie des villes, les sous-systèmes de villes et la hiérarchie des interactions forment les emboîtements hiérarchiques de systèmes de villes. Les emboîtements hiérarchiques de systèmes de villes sont très rarement de type hiérarchique au sens strict, c'est-à-dire, **un emboîtement de type hiérarchie administrative**. Ce type d'emboîtement se traduit toujours, en termes de relations urbaines, par des relations entre petites et grandes villes via l'intermédiaire de villes moyennes (Beaujeu-Garnier J., 1980). Les relations se font de la petite ville au chef-lieu à un niveau local, puis du chef-lieu à la préfecture à un niveau régional⁴⁶. Pour cet emboîtement de niveau, la représentation de la hiérarchie de niveau montre les relations par niveau, entre les villes successives de cette hiérarchie. Se distingue souvent un niveau local, avec des petites villes qui gravitent autour d'un pôle local, puis un niveau régional, avec ces pôles locaux qui gravitent autour d'une métropole régionale, et il en va ainsi jusqu'au niveau mondial (cas (a), Figure 2, p.76).

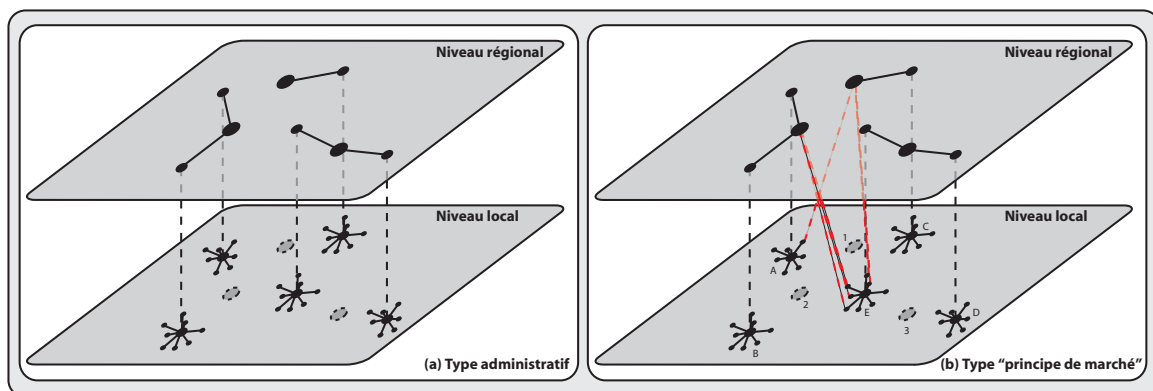


Figure 2 : l'emboîtement des systèmes de villes

D'un point de vue fonctionnel, cette représentation des interactions entre les villes des différents niveaux ne convient pas car la plupart des emboîtements ne sont pas strictement hiérarchiques. Il existe en effet des relations entre les différents niveaux de réseaux urbains, différents niveaux de systèmes de villes. Les villes peuvent appartenir à différents systèmes de différents niveaux qui ne sont pas obligatoirement emboîtés hiérarchiquement au sens strict. Comme un ensemble de villes du même niveau qu'elle,

⁴⁶ Bien que la subordination n'existe pas, les emboîtements stricts des mailles administratives françaises associés à la hiérarchie de leur zone de pouvoir renvoie cette image de hiérarchie emboîtée de type administratif.

une ville peut dépendre fonctionnellement d'un pôle local sans que toutefois cet ensemble formé dépende fonctionnellement du même pôle régional.

L'illustration peut être donnée par le cas de la ville de Saint-Chély d'Apcher, sous-préfecture de Lozère (48), 5 000 habitants, qui dépend fonctionnellement et localement (et administrativement par ailleurs) de la ville de Mende, la préfecture (12 000) départementale. À un niveau régional, cette préfecture départementale dépend d'Alès voire de Nîmes, alors que Saint-Chély d'Apcher dépendra fonctionnellement de Clermont-Ferrand. Les deux villes appartenant au même système local, n'appartiennent pas au même système régional (cas (b), Figure 2, p.76).

Ce type d'emboîtement de niveau étant parfaitement illustré par les relations selon le principe de marché dans le modèle des lieux centraux de W. Christaller (cf. p.111), nous appelons de la même manière abusive que pour les hiérarchies urbaines, ce modèle d'emboîtement de système de villes, **un emboîtement de type hiérarchie de « principe de marché »**.

Autant les espacements changent dans le temps en fonction des innovations, des comportements individuels et collectifs, de la réduction de l'espace-temps (Bretagnolle A., 1999), autant les hiérarchies sont assez stables dans le temps (Guérin-Pace Fr., 1993). La hiérarchie urbaine est cause et conséquence de la résilience des systèmes de villes. Ce sont là deux temporalités différentes : temporalités courtes pour les espacements et temporalités longues pour les hiérarchies urbaines. Cette résilience est due à l'avantage initial et à l'accumulation des plus fortes croissances dans les plus grandes villes (du fait que la croissance est multiplicative et non additive) comme le montre le modèle de Gibrat (1931).

La notion de hiérarchie est-elle pour autant compatible avec l'approche systémique ? Les pouvoirs propres à chaque niveau peuvent créer de la subordination, de l'interdépendance tout en fonctionnant comme système. La hiérarchie urbaine, à la fois structurelle (attributs des villes) et fonctionnelle (relations), ne remet aucunement en cause le fait qu'un changement majeur dans une ville, même du bas de cette hiérarchie, puisse avoir des conséquences sur tout le système.

B.2.2. La mise en évidence des niveaux de villes

La caractérisation de l'organisation hiérarchique d'un système de villes mêle une approche thématique urbaine, correspondant aux attributs de la ville et aux relations qu'elles entretiennent, et une approche formelle, correspondant aux représentations spatiales de la ville.

D'un point de vue formel, cela consiste à savoir comment se traduit une hiérarchie urbaine selon que la ville est considérée ou représentée comme un point (approche spatiale), une aire (approche territoriale), ou si nous considérons uniquement les lignes (relations) entre les villes (approche réticulaire ou réseau). Lorsque la ville est considérée comme un nœud de réseau, les niveaux de villes permettant d'établir une hiérarchie sont issus de la taille des nœuds. Ce sont les attributs qui déterminent cette taille. Si la ville est considérée comme une aire, alors la hiérarchie relève de l'imbrication des aires, l'inclusion des aires les unes dans les autres. Ainsi l'imbrication des mailles administratives françaises, communes, département, région, bien qu'il n'y ait pas véritablement de subordination, crée une hiérarchie de niveau. Les attributs de la ville dans ce cas aréolaire, peuvent également créer des niveaux. Enfin, lorsque sont considérées les relations entre les villes (le fonctionnel) la hiérarchie est représentée par la jonction des lignes des unes aux autres dans un sens unique, du subordonné vers le dominant. L'image la plus simple de ce type de hiérarchie est celle d'un réseau hydrographique⁴⁷. Les quantités de flux entre les villes permettent également d'établir des niveaux de relations qui selon le thème d'étude permettent d'établir des niveaux de villes.

L'approche thématique concerne les attributs⁴⁸ structurels qui caractérisent la ville comme un nœud ou une aire et les attributs fonctionnels, les relations et les flux. Que la ville soit considérée comme un point ou une aire, les mêmes niveaux de villes sont mis en évidence par les attributs urbains. Les principaux attributs d'analyse des organisations hiérarchiques des systèmes de ville, pour construire des niveaux, sont les fonctions administratives, économiques, sociales des villes. Le statut administratif attribué aux villes (préfecture, sous-préfecture, le chef-lieu, etc.) organise des niveaux de villes et permet implicitement, aux villes du haut de cette hiérarchie de tirer profit de leur position (hiérarchique) pour se développer plus rapidement (Pumain D., 1997). Les fonctions économiques et sociales sont celles qui ont trait aux finances, à la production, à la consommation, à la richesse dans sa globalité, à la composition en commerces et services, à la structure de la population, etc. Ces fonctions peuvent être croisées, pour déterminer

⁴⁷ La figure que dessine l'ensemble de ces lignes est un arbre (cf. p.132).

⁴⁸ Attribut est pris dans le sens variable et non dans celui de modalité.

des niveaux, en fonction des particularités structurelles des villes du système. Cependant beaucoup des critères permettent bien d'ordonner les villes, mais pas toujours de les hiérarchiser de manière globale et synthétique. Les spécialisations de fonctions, en particulier économiques, que certains économistes néoclassiques considèrent comme le seul développement possible dû aux échanges⁴⁹, associées à la taille des villes par exemple, « *caractérisent les positions des villes dans un système* » (Sanders L., 1992). Elles correspondent soit à l'organisation d'un système de villes polarisé lorsqu'une seule ville concentre la ou les spécialisations, ou d'un système à hiérarchie déterminée, lorsque plusieurs villes sont chacune spécialisées dans une fonction⁵⁰ (complémentarité).

Les relations et les flux à l'intérieur du système de villes permettent de mettre en évidence des niveaux de villes, principalement par les attributs des relations. Les relations de complémentarité, de spécialisation ou de polarisation, d'irrigation ou drainage (Brunet R., Dollfus O., 1990) renseignent directement sur le rôle et la position des villes les unes par rapport aux autres. Le niveau de dépendance d'une ville, mesuré par exemple à partir de la proportion d'actifs résidant dans une Unité Urbaine donnée, est un bon indicateur pour repérer la position hiérarchique d'une ville dans le système de villes. Nystuen J.D et Dacey M.F.(1961) proposent, par exemple, une hiérarchie urbaine en fonction des flux téléphoniques entre les villes de l'État de Washington, en dégageant des métropoles⁵¹. Les formes ou morphologies de ces relations traduisent ces types d'organisation hiérarchique. Implicitement les relations sous-tendent des attributs⁵².

La localisation et les espacements, évoqués précédemment, ont un rôle majeur dans les relations inter-urbaines. Les positions relatives déterminent des niveaux d'accessibilité, des niveaux de centralité, des niveaux de connexion, des niveaux de connexité, transformés « abusivement » en hiérarchie de niveaux. La situation, lieu de passage, arrêt, carrefour ou bifurcation, confèrent aux villes des positions discriminantes dans le système. À l'instar des mailles administratives, la position de la ville comme nœud central dans un réseau (de communication, de production), passage obligatoire, favorise son développement économique. Les villes les plus accessibles deviennent les plus visitées ; les plus visitées, les plus accessibles. Les positions des villes se mesurent (quantitatif) ou sont visibles ou perçues (qualitatif) par différents critères dont la position dans la hiérarchie, la localisation (x,y,z) relative ou absolue. C'est pour cela que la plupart

⁴⁹ Le Gales P. (2000).

⁵⁰ Il est rare que plusieurs villes aient la même spécialisation sauf dans le haut de la hiérarchie. Dans ce cas, le système est à hiérarchie déterminée et c'est la concurrence qui régit les relations.

⁵¹ Certaines critiques à ce modèle ont été tout de même émises sur le fait que les flux puissent être orientés vers plusieurs villes à la fois (Dumolard P., 1981, p.95)

⁵² Les exemples sont nombreux dans la série « *Données Urbaines* » et notamment le volume n°2 (1998) : à partir des réseaux d'entreprises (Rozenblat C.), des flux téléphoniques (Gillon P.), des migrations (Valles V., Aubry B.), et des migrations domicile-travail (Sanders L., Mathian H.).

des modèles cités précédemment intègrent à la fois les fonctions des villes et leurs localisations, leur taille et leur position relative (Tableau 3, p.71).

B.2.3. Tailles démographiques et hiérarchie urbaine

La population est l'attribut qui est à même de mieux représenter la position d'une ville dans le système et de dégager les caractéristiques de la hiérarchie urbaine. Elle résume de manière très satisfaisante une grande part de l'information sur les niveaux des villes, leur niveau de richesse, leur niveau de fonction et est un excellent indicateur des mutations spatiales et des migrations (Guérin-Pace Fr., 1993). Dans le cas de hiérarchies urbaines, basées uniquement sur le critère démographique, nous avons coutume de classer les villes selon leur taille, par ordre décroissant. Pour cet ordonnancement, rares sont les territoires pour lesquels nous distinguons de véritables niveaux, bien au contraire il s'agit souvent d'un continuum dans la décroissance. Comme le font remarquer D. Pumain et Th. Saint-Julien (1997), « *c'est la forme pyramidale de la représentation qui donne cette sensation de hiérarchie* ».

L'emploi du terme de hiérarchie est dans ces cas justifié par le fait que la population est plus « *qu'un simple dénombrement d'individus* » (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997). Car si les fonctions administratives, industrielles, commerciales et de services sont très représentatives des pouvoirs dont jouissent les villes et notamment de leurs pouvoirs attractifs, la population urbaine reste « *l'un des paramètres les plus synthétiques de la mesure du fait urbain* » (Moriconi-Ébrard Fr., 1994, p.12) (Berry B.J.-L., 1967 ; Beaujeu-Garnier J., 1980 ; Pumain D., Saint-Julien Th., 1978). Elle est même « *le meilleur résumé de très nombreuses propriétés fonctionnelles des villes* » (Pumain D., 1997), ce qui en fait l'attribut le plus utilisé pour caractériser l'organisation hiérarchique d'un système de villes. Car plus la ville est grande par sa taille démographique, plus ses fonctions et son pouvoir d'attraction sont importants.

Les premiers travaux formalisés qui traitent de corrélation entre la taille des villes et leurs fonctions en déterminant leur position hiérarchique dans le système de villes, ont été réalisés par B.J.-L. Berry et ses collègues dans les années 1960 autour de la géographie du commerce et des services. Avant eux, d'autres n'ont fait que poser cette hypothèse sans toutefois en donner une vérification avec des mesures complètes.

Berry B.J.-L. et Garrison W.L. (1958a, 1958b), Berry B.J.-L. et Barnum H.G. (1962), Berry B.J.-L., Barnum H.G., Tennant R.J. (1962), Berry⁵³(1964, 1967), observant

⁵³ Berry reprend et synthétise l'ensemble des travaux réalisés dans les références précédentes dans l'ouvrage de 1967, traduit en français en 1971 par B. Marchand.

le comportement des utilisateurs de services et de commerces, viennent confirmer plusieurs hypothèses retenues quelques décennies auparavant par R.J. Reilly (1931) ou W. Christaller (1933) sur les relations entre déplacements, tailles des villes, fonctions des lieux centraux, nombres, types et portées des établissements et biens commerciaux et de services, aires de marché par villes. Ils mesurent et confirment, entre autres, les relations entre :

- le temps de déplacement, les services et tailles des villes. Les déplacements les plus longs sont réalisés pour certains types de services dits « sophistiqués », situés dans les grandes villes⁵⁴ ;
- le nombre et la variété de commerces et de services (« *nombre de fonctions centrales* ») et les distances parcourues. La distance maximale parcourue augmente avec le « *nombre de fonctions centrales* » ;
- les aires de marché et les populations des villes. L'aire de marché d'un lieu central augmente avec sa population ;
- la population d'une ville et son niveau de commerce. Le « *nombre de types d'activités commerciales* » augmente avec la population de la ville.
- les fonctions centrales et la population des villes. Le nombre de commerces et de services augmente avec la population de la ville.

Toutes ces relations sont bien évidemment très étroitement liées.

D'autres recherches confirment ce type de résultats d'un point de vue économique. Les économies d'agglomération que peuvent réaliser les entreprises, sont dépendantes du niveau de fonctions et de services de la ville. H. Beguin (1988) nous rappelle que des travaux montrent que la taille devient un substitut de la mesure des économies d'agglomération qu'elle dégage (Carlino, 1982 ; Moomaw, 1983) du fait d'une « *productivité du travail qui augmente avec la taille de la ville* » (Aaberg, 1973 ; Sveikauskas, 1975 ; Moomaw, 1983 ; Nakamura, 1985).

Mais les corrélations entre taille par la population d'une ville et son niveau de fonctions pour déterminer sa place dans la hiérarchie urbaine, amènent à considérer certains « résidus » qui ne satisfont pas la relation. Bien qu'étant un bon critère, la population ne peut pas expliquer à elle seule la position hiérarchique des villes dans le système. Dans certains cas des spécificités locales viennent perturber la relation. À partir du système de villes français, D. Pumain et Th. Saint-Julien (1978) ont montré qu'il suffisait de connaître « *la taille, l'image de marque et la modernité* » de la ville pour la positionner dans la hiérarchie urbaine.

⁵⁴ C'est « *le principe de la spécialisation croissante des villes de rang élevé dans des biens sophistiqués* » énoncé par Berry B.J.-L. (1964).

Des travaux portant sur les petites villes et sur la définition statistique des unités urbaines ne confirment pas toujours la corrélation entre population et niveau de fonction des villes. C'est le cas que soulèvent notamment L. Sanders et H. Mathian (1998) à propos des places et des fonctions dans le système régional auquel appartiennent de « petites » villes aux populations égales qui peuvent être différentes. L'illustration est donnée par la comparaison de deux villes du système régional languedocien: Mende et Lattes villes de 12 000 habitants en 1990. La première jouit d'une place importante dans le système local puisqu'elle est préfecture départementale, alors que la seconde est une ville « satellite » rattachée à l'agglomération de Montpellier. Le problème soulevé est celui « *de la diversité des niveaux fonctionnels des villes⁵⁵ de petites tailles* » (Sanders L., Mathian H., 1998) et de « *l'ambiance régionale* » (Beaujeu-Garnier J., 1980)

Au sommet de la hiérarchie, pour les villes de grandes tailles, même si la population reflète bien le niveau fonctionnel de l'unité, subsiste parfois un doute lié à la définition statistique de la ville. Ainsi pour l'agglomération⁵⁶, la population « agglomérée » ne constitue pas toujours le meilleur indicateur du niveau fonctionnel car le « *regroupement spatial n'est pas un facteur de renforcement de chacun des centres : ainsi le rayonnement de deux unités locales de 500 000 habitants groupées en une seule conurbation est plus faible que celui d'une agglomération mono-nucléaire de un million d'habitants* » (Moriconi-Ébrard Fr., 1994).

Conclusion : des classes de population pour l'analyse des organisations hiérarchiques

La polarisation dans les systèmes implique une véritable rupture du niveau de fonction entre la plus grande ville et celles soumises à son attraction. L'homogénéité se caractérise par des ensembles de villes de tailles comparables à tous les niveaux de fonctions. De petites différences de fonctions ne permettent pas de caractériser des niveaux. La mise en évidence de ces ruptures et niveaux du fait du continuum des valeurs d'attributs caractérisant les villes nous conduit souvent à distinguer des niveaux par des classes d'attributs, des classes de villes. Ces partitions ont pour vocation d'apprécier, à partir d'un ou plusieurs critères, des groupes de villes « homogènes » qui ont même niveau de fonction. Différents types de classifications ou de classements des villes existent. À chaque problème, chaque thème d'étude correspond une méthode de classification. Ce qui nous intéresse particulièrement, ce sont les classifications globales des villes qui permettent de regrouper des niveaux fonctionnel, administratif, économique... capable donc de situer les villes les unes par rapport aux autres dans un

⁵⁵ Nous avons remplacé « *unités urbaines* » par « *villes* » dans l'expression des auteurs.

⁵⁶ La ville « française » est définie comme une agglomération lorsqu'il y a continuité du bâti de moins de 200 mètres et une population supérieure à 2 000 habitants.

système de villes. « *Les classifications théoriques ne sont évidemment pas applicables à la diversité des conditions de peuplement de la terre mais possède le mérite de fixer un ordre de grandeur dans la conception globale d'une hiérarchie du système des villes européennes* » (Moriconi-Ébrard Fr., 1993), notamment pour les classifications basées sur la population. Cet attribut permet de définir des classes et notamment des classes de populations, quelles que soient les villes considérées dans un contexte donné (Guérin-Pace Fr., 1992 ; Moriconi-Ébrard Fr., 1994 ; Cauvin C., Reymond H., Serradj A., 1987). Bien que les classes de population des villes, comme la population, ne reflètent pas toujours les hiérarchies urbaines observées dans un système de villes (agglomération, spécialisation, ...), elles constituent cependant un bon indicateur du positionnement des villes dans un système.

Parmi les méthodes employées, citons celle des équations de suites géométriques utilisée dans la classification des agglomérations réalisée par M. Redjimi (2000) à partir de la loi de métropolisation de Fr. Moriconi-Ébrard (1994) et des partitions clinographiques (même nombre d'habitants par classe de villes (Reymond H., Cauvin C., Serradj A., 1987), plus utiles dans le cas de systèmes de villes de type homogène que polarisé. D'autres classifications et classements des villes ont été conduits à partir des différentes fonctions des villes et certaines de leurs caractéristiques. Ce fut le cas des classifications des villes européennes réalisées par R. Brunet (1990) et par P. Cicille et C. Rozenblat C. (2003). Cela suppose d'attribuer un poids aux différentes fonctions. Nous préférons, lorsque cela est rendu possible, employer ce type de démarche qui tient compte du système étudié, des connaissances thématiques et des spécificités globales du système plutôt que d'employer une classification.

C. Structures spatiales : mesures d'espacement et de hiérarchie

Les deux premières sections de ce chapitre ont montré à quel point les hiérarchies urbaines et les espacements sont fondamentaux dans le fonctionnement des systèmes de villes. Nous avons présenté comment les espacements entre les villes et les organisations hiérarchiques structurent l'espace (et inversement). Ces propriétés majeures sont introduites sous la forme de contraintes et de principe lors des mises en réseaux.

De façon générale, ces propriétés sont utilisées pour caractériser les organisations spatiales de tout système de villes et pour révéler leurs principales structures. Les espacements et les hiérarchies urbaines servent à caractériser les structures spatiales des réseaux de villes créés, ce qui permet de mesurer les performances des méthodes de mises en réseaux (cette analyse de performances est étudiée à partir du système de villes européennes en seconde partie de cette thèse, cf. chapitre 5, p.217).

Avant de réaliser ces analyses, nous montrons dans cette dernière section, comment les organisations spatiales dans un système de villes, et surtout comment leurs structures spatiales, peuvent être appréhendées à travers l'analyse des espacements, des hiérarchies urbaines et des distributions spatiales des villes. Nous posons ainsi des bases de formalisation mathématique des analyses de structures spatiales selon 3 approches : l'analyse des répartitions spatiales, l'analyse des organisations hiérarchiques et l'analyse des distributions spatiales. De fait, il s'agit de trouver des mesures qui permettent de révéler des structures spatiales puis de les appliquer, pour chacune des trois approches, à des modèles de référence de structures spatiales afin d'estimer dans quelle mesure les réseaux de villes que nous créons possèdent des structures spatiales qui peuvent leur être assimilées (Cicéri M.-F., Marchand B., Rimbart S., 1977).

C.1. Structures spatiales et espacement

« L'analyste spatial n'étudie plus aujourd'hui la distance et l'espace, mais les distances et les espaces, lorsqu'il prend conscience de la variété de nos représentations » (Bailly A., 1994).

« Tout discours sur l'espace s'appuie sur une représentation de l'espace, c'est-à-dire une abstraction, un acte de création » (Huriot J.-M., Perreur J., Derognat I., 1994)

Ces deux phrases viennent rappeler, si besoin est, qu'il existe de nombreuses façons de se représenter l'espace, et de se doter d'une mesure de l'espacement.

Ce qui nous intéresse, ce sont les manières de représenter l'espace pour pouvoir mesurer les espacements entre les villes. Nous nous focalisons surtout sur les représentations de l'espace qui permettent des mesures de distance qui retournent des valeurs quantitatives. Toutes celles qui conduisent à des valeurs qualitatives non ordonnables sont bannies de nos préoccupations.

Une analyse de l'espace géographique qui se focalise sur les espacements entre les villes nécessite une représentation et une formalisation de cet espace. Selon les types d'unités spatiales, les phénomènes géographiques à observer, et les objectifs de ceux qui l'étudient, les formalisations mathématiques d'un même espace géographique et leur mesure d'espacement, peuvent différer. Quelle que soit cette représentation elle attribue des propriétés à l'espace et à la mesure de l'espacement. La représentation mathématique de l'espace choisie détermine les mesures de proximités et de voisinages entre deux villes par conséquent les structures spatiales mises en évidence.

Les arrangements des villes dans l'espace peuvent traduire des organisations spatiales voire des structures spatiales dans un système de villes. C'est ce que nous montrons après avoir posé les bases des représentations des espaces et des mesures de distances entre les villes, en nous situant par rapport aux espaces métriques et aux espaces topologiques. Ce qui nous conduira à une représentation simplifiée de l'espace géographique : l'espace euclidien.

C.1.1. Espaces, distances et métriques

La distance est une relation entre deux lieux. Pour pouvoir la mesurer et l'estimer, sa nature doit être déterminée et une représentation de l'espace géographique est indispensable. Selon sa nature et l'espace dans lequel elle se mesure, la distance possède différentes propriétés.

La distance entre deux lieux revient à définir une métrique, une fonction qui à tout couple de lieux renvoie une valeur qui possède quatre propriétés fondamentales :

- la non-négativité : $d(a,b) \geq 0$;
- la symétrie : $d(a,b) = d(b,a)$;
- l'inégalité triangulaire : $d(a,c) \leq d(a,b) + d(b,c)$;
- la séparation : $d(a,b) = 0 \Leftrightarrow a = b$.

Plusieurs métriques existent. La plus connue et la plus utilisée parce qu'elle représente la distance à vol d'oiseau est la **métrique euclidienne**. L'espace euclidien sur lequel est mesurée cette distance possède donc les propriétés

- d'isotropie : la mesure de la distance se fait dans tous les sens ;
- de continuité : il n'existe aucune rupture dans l'espace ;
- d'homogénéité : l'espace a les mêmes propriétés en tout point.

Dans ce cas, le chemin le plus court entre deux points est la ligne droite, le seul moyen de ne pas parcourir de distance est de rester sur place, et la distance aller est égale à la distance retour. Ces propriétés peuvent s'avérer contraignantes pour la représentation de l'espace géographique, mais elles sont une simplification intéressante dans de très nombreux cas d'analyse des territoires.

L'espace euclidien est un cas particulier des espaces de Minkowski (Figure 3, p.88) dans lesquels la distance d entre deux points A et B (dite L_p ou r -métrique en remplaçant p par r) est mesurée dans un repère orthonormal (X, Y) par :

$$d_p(AB) = \left[(x_A - x_B)^p + (y_A - y_B)^p \right]^{1/p}$$

Lorsque $p = 2$: la distance est euclidienne.

Lorsque $p = 1$: la distance est rectilinéaire, c'est la métrique de Manhattan ou de Hamming⁵⁷.

Lorsque $p < 1$, l'espace n'est pas une métrique mais une semi-métrique (cf. supra).

Beaucoup de distances observées dans les analyses spatiales ne satisfont pas les quatre propriétés fondamentales de la métrique. Dans les cas où au moins l'une des propriétés n'est pas vérifiée, il existe des formes appauvries de métrique (Tableau 4, p.87). Toutes ces « fausses métriques » se font avec au moins une propriété, celle de l'inégalité triangulaire sauf les **espaces semi-métriques** et les **prémétriques** auxquels s'ajoutent le non-respect de la symétrie.

La métrique non-symétrique ou **quasi-métrique**, abroge la propriété de la symétrie. Elle permet alors la mesure d'une distance aller différente de la distance retour pour un même itinéraire. (Huriot J.-M., Perreur J., 1990).

⁵⁷ Dans une analyse sur l'utilisation de cette distance- L_p (métrique de Minkowski) pour des simulations de localisation optimale à partir d'un semis de point, D. Peeters et I. Thomas (1997) montre que de légères variations de p donnent des résultats non significatifs. Les grandes différences débutent lorsque ($p < 1$) ou ($p > 2,4$)

La *métrique dégénérée*, pour laquelle la propriété de séparation n'est pas vérifiée, est très utilisée dans les analyses de transferts lorsqu'une marchandise reste à quai dans un port, par exemple. Bien que n'ayant pas bougé la distance-coût augmente.

La *métrique pauvre* reprend l'inverse de la propriété de séparation. Elle considère que deux points distincts peuvent être séparés par une distance nulle.

Espace →	Métrique				Topologique
Propriété →	Positivité	Séparation	Symétrie	Inégalité triangulaire	Topologie
Métrique non-symétrique	Oui	Oui	Non	Oui	<i>Question non résolue</i>
Métrique dégénérée	Oui	Non	Oui	Oui	<i>Idem</i>
Métrique pauvre	Oui	Non	Non	Oui	Oui
Semi-métrique	Oui	Oui	Oui	Non	Non
Prémétrique	Oui	Oui	Non	Non	Non

Tableau 4 : propriétés des formes appauvries de métriques (L'Hostis A., 1997)

Les *distances fonctionnelles*, distance-temps ou distance-coûts, peuvent être schématisées par ces formes appauvries de métriques sous certaines conditions (Huriet J.-M., Thisse J.-F., 1985 ; Huriet J.-M., Thisse J.-F., Smith T.E., 1989).

Terminons par la notion de *topologie*, qui au sens littéral, est la science de la position (du grec logos, étude, raisonnement et topos, lieu, site).

Une topologie se définit par : soient E un ensemble et T un ensemble de parties de E.

On dit que T est une topologie sur E, si et seulement si T vérifie les trois axiomes suivants (dits axiomes de topologie) :

- T_1 : E et $\emptyset \in T$.
- T_2 : L'intersection de deux éléments de T appartient encore à T.
- T_3 : Toute réunion d'éléments de T appartient à T.

Remarques :

- on peut toujours définir une topologie sur un ensemble quelconque ;
- on pose en effet $T = \{\emptyset, E\}$. T vérifie alors trivialement tous les axiomes de topologie.

Il découle, par récurrence sur l'axiome T_2 , que toute intersection finie d'éléments de T appartient encore à T

À partir de ces ensembles, on définit des ensembles ouverts, des ensembles fermés, et des voisinages que nous verrons dans le chapitre suivant (cf. p.137)

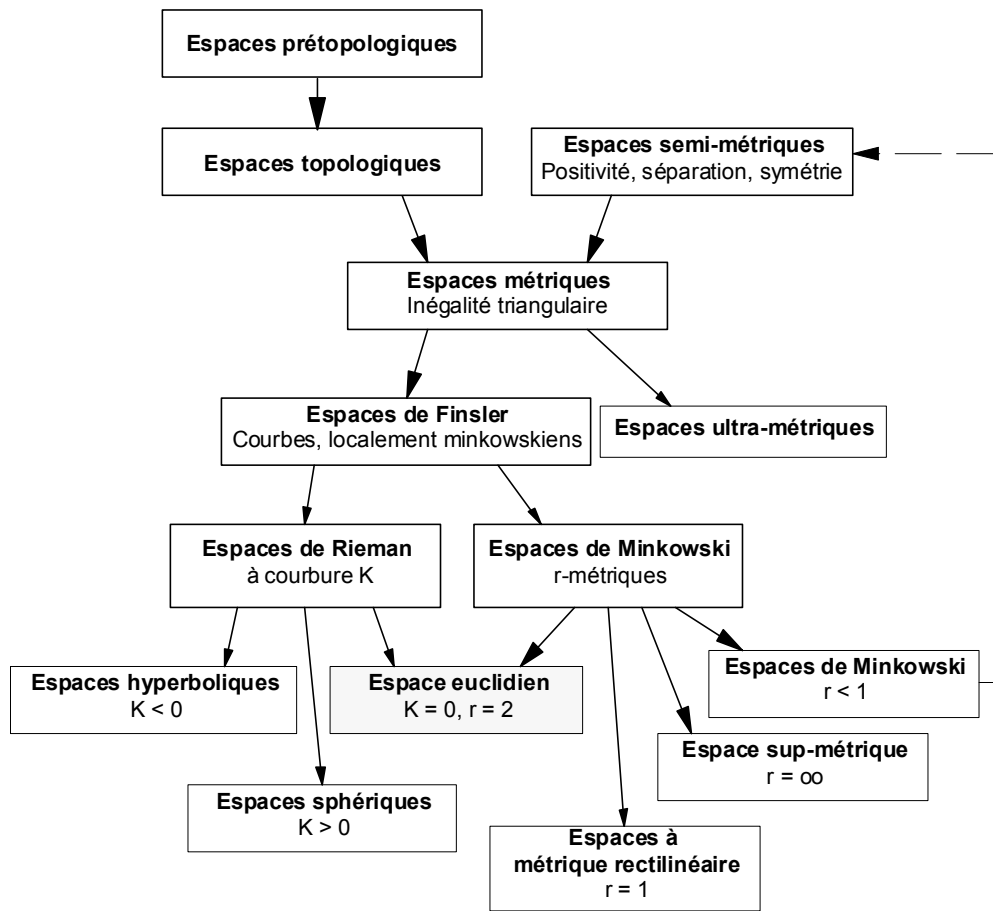


Figure 3 : « la hiérarchie des espaces topologiques, des espaces à métrique pauvre et des principaux espaces métriques »⁵⁸ (L'hostis A., 1997)

Les problématiques géographiques liées aux mesures d'espacements peuvent être modélisées grâce à cet ensemble de métriques et d'espaces. Dans le cas d'une analyse des espacements entre les villes vues comme des points, la mesure d'une distance issue d'une métrique ou fausse métrique est plus utilisée pour mesurer les proximités entre ces villes. Dans le cas où les villes sont considérées comme des surfaces, les espaces topologiques sont d'habitude plus utilisés pour mesurer les voisinages entre les villes par leurs contiguïtés.

Quels que soient l'espace et la mesure de l'espacement retenus, ils donnent leurs formes à l'espace observé. La forme analytique de la fonction distance détermine alors les propriétés de l'espace représenté. Elle conditionne la méthode de traitement de la solution du problème spatial.

⁵⁸ D'après Shepard R.N. (1974), Cauvin C. (1984).

« Il semble [alors] plus pertinent de rechercher la meilleure représentation relative au problème en n'oubliant pas qu'elle doit permettre de traiter l'éventuel modèle dans lequel elle entrera, plutôt qu'une meilleure représentation absolue dont on peut douter qu'elle existe » (Perreur J., 1989).

C.1.2. Modèles et analyses de répartitions spatiales

Pour dégager les principales structures liées aux espacements, de nombreuses analyses sont possibles, en fonction des choix de la représentation de l'espace et des entités spatiales étudiées. Chacune des formalisations de l'espace produit des modèles de référence de répartition spatiale. Les analyses d'espacements les plus communes sont celles des espaces topologiques avec l'analyse des contiguïtés, de la caractérisation des voisinages, et celles des mesures des proximités avec une métrique euclidienne. La commodité de l'espace euclidien, et de sa distance qui constitue souvent une bonne approximation d'autres distances, permet de caractériser par comparaison les propriétés des autres espaces. Les modèles de référence ou théoriques, mis en évidence dans l'espace euclidien pour les répartitions spatiales de villes peuvent, alors servir de comparaisons aux répartitions spatiales observées.

Après avoir exposé les modèles de référence des répartitions spatiales dans un espace euclidien muni de la distance euclidienne, les outils et méthodes de caractérisation des répartitions spatiales d'un semis, par comparaison aux modèles, sont développés.

C.1.2.1. Les modèles de répartitions spatiales

En matière d'espacement, plusieurs modèles de répartition spatiale constituent des structures de référence. La Figure 4 (p.90) présente quelques unes de ces répartitions spatiales théoriques.

Les répartitions uniformes ou homogènes se caractérisent par des dispositions régulières des points. Pour la répartition quadrangulaire, la disposition est caractérisée par des points sommets de carrés alors que la répartition triangulaire est composée par des points sommets de triangles équilatéraux. Plus connue sous le nom de treillis, cette répartition est « *le dispositif spatial idéal* » (Voiron Chr., 1993), preuve d'un « *espace parfaitement maîtrisé et organisé* » (R. Brunet, 1990). La répartition uniforme est caractéristique des répartitions dans les systèmes de villes homogènes.

La répartition aléatoire correspond à une disposition des points selon un processus de Poisson. Chaque lieu de l'espace a la même probabilité de localiser une ville. Chaque

localisation est indépendante des autres. Cette répartition se distingue des répartitions aléatoires homogènes (voire quasi-régulières) pour lesquelles le résultat du processus conduit à une occupation de l'ensemble des parties de la surface (représentées sur la Figure 4, p.90), et des répartitions non-homogènes, pour lesquelles se distinguent parfois des paquets ou agrégats.

La concentration absolue est le cas extrême pour lequel toutes les villes sont localisées en un seul point. Ce cas se retrouve dans la ville vue comme une agglomération très polarisante.

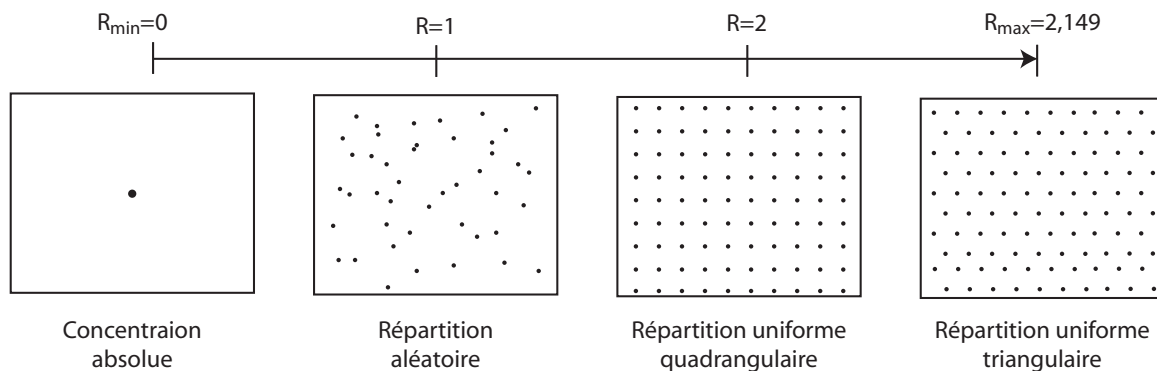


Figure 4 : modèles de répartitions spatiales d'un semis de points et valeur de la statistique R

C.1.2.2. La technique des plus proches voisins et la statistique R.

Pour dégager les grands traits des espacements et des répartitions spatiales des semis de villes, en les comparant à ceux des répartitions théoriques exposées ci-dessus, de nombreuses mesures sont disponibles. Ce sont d'abord les mesures des valeurs « centrales » tels que le point médian et le point moyen. Ces indices repèrent deux centres différents dans la surface d'analyse. Le point médian est le point le plus accessible, « celui qui minimise la somme des distances à l'ensemble de tous les points. » (Grasland Cl., 2000). Sa localisation se fait graphiquement (Pumain D., Saint-Julien Th., 2001) ou par le calcul de l'accessibilité minimale à tous les points de l'espace. Le point moyen est le centre de gravité du nuage. Ses coordonnées correspondent à la moyenne des coordonnées des points du semis (X_{mo} = moyenne des abscisses, Y_{mo} = moyenne des ordonnées). Ces deux indices ne renseignent cependant pas sur le type de répartition mais se posent comme des référentiels notamment dans les analyses diachroniques de répartition pour le point moyen ou dans les recherches de localisation optimale pour le point médian (Grasland Cl., 2000). D'autres indices « statistiques » permettent d'évaluer

les espacements tels que les points médian et moyen pondérés, et les indices de dispersion absolue et relative (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997)

Les problèmes que soulève l'utilisation de ces valeurs « centrales » notamment celui de la sensibilité de la moyenne aux répartitions dissymétriques (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997 ; Josselin D., Ladiray, 2002), résultant parfois de répartition aléatoire non-homogène (des agrégats ici et là dans l'espace), peuvent conduire à utiliser la technique dite « *des quadrats* »⁵⁹. Elle consiste à créer des découpages de l'espace en cadrants, ou cases, contenant chacun un paquet de points. L'ensemble des analyses est alors réalisé sur chacun des cadrants. Cette technique, utile dans l'analyse à différents niveaux d'observation, ne constitue pas une analyse « globale » du semis. De plus, les analyses (comptage des fréquences d'apparition dans chacun des cadrants, par exemple) posent les problèmes liés aux tailles et formes des cadrans.

L'analyse spectrale, un peu plus complexe, est parfois employée pour déterminer les structures spatiales dans lesquelles il y a des régularités (répétitions dans les espacements) dans l'arrangement des objets (Cauvin C., Reymond H., Hirsch J., 1985).

Une méthode simple, robuste et objective est la technique des plus proches voisins. Mise au point par des botanistes (Clarke P.J., Evans F.C., 1954⁶⁰), elle permet de caractériser la forme de la répartition spatiale d'un semis par comparaison à celle d'une répartition aléatoire.

Utilisée par M.F. Dacey (1960, 1962) et L.J. King (1960, 1961, 1962) pour l'analyse des répartitions urbaines, elle permet d'évaluer le type de dispersion des villes dans une surface régionale par la mesure des écarts entre les distances moyennes observées (D_o) et les distances moyennes entre les villes selon une loi de Poisson (Figure 4, p.90). Cet écart, rapport entre ces deux distances, est appelé « statistique R ». Les valeurs de ce rapport varient entre 0 et 2,149 (Figure 4, p.90), allant de la concentration maximale, $R = 0$, la concentration absolue, vers une équirépartition spatiale du semis, $R = 2,149$, sous la forme d'un semis de villes régulier triangulaire. Retenons parmi les valeurs de R deux valeurs particulières :

- $R=1$, qui correspond à une distribution aléatoire des villes (les deux distances moyennes étant égales $D_a = D_o$),
- $R=2$, qui correspond à une équirépartition spatiale du semis selon une forme régulière quadrangulaire.

La distance moyenne selon une loi de Poisson s'écrit :

⁵⁹ Quelques références sur cette technique dans : Taylor P.J., (1977) ; Getis A., Boots B. (1978) ; Pumain D., Saint-Julien T. (1997).

⁶⁰ Ils étaient « désireux de décrire les distributions de trois plantes herbacées, généralement groupées, ainsi que celles d'arbres dont ils soupçonnaient la compétition pour la lumière de les avoir favorisés sur un plan hexagonal. » (Cicéri M.-F. *et al.*, 1981)

$$D_a = \frac{1}{2\sqrt{n/S}}$$

À titre d'exemple, c'est la distance moyenne que l'on pourrait observer sur la même surface régionale avec le même nombre de villes si la répartition était régulière. La distance moyenne selon une répartition homogène (D_h), quant à elle, s'écrit :

$$D_h = 1,075 \sqrt{\frac{S}{n}}$$

Le diagramme de distribution des rapports R représente toujours une distribution normale, pour un nombre de points supérieur à 6 (Donnelly K., 1978⁶¹)

Cette statistique met en évidence plusieurs problèmes qui biaisent les mesures de plus proche voisinage⁶². Le premier est celui de la densité du semis : deux répartitions identiques dans deux surfaces différentes peuvent avoir des statistiques R différentes ; le changement d'échelle d'observation permet de remédier à ce problème. Le deuxième est celui des points situés sur les bords des surfaces analysées, très éloignés des autres points ; ces points isolés augmentent significativement les mesures des distances moyennes. Ce problème peut être amplifié lors d'une analyse sur plusieurs mailles (Getis A., Boots B., 1978). Pour atténuer les imperfections des mesures de voisinage (et éviter la « complexité » de tests statistiques) on peut réduire systématiquement le cadre d'analyse, ou supprimer les points en bordures (Bartlett M.S., 1975⁶³), ou encore travailler sur un nombre réduit de voisin, comme l'ont réalisé P.J. Clarke et F.C. Evans (1954) ou M.F. Dacey (1962), sur les six plus proches voisins.

Des tests de significativité de cette statistique sont réalisables avec l'utilisation de la table de la Loi Normale réduite (Piélou E.C., 1969⁶⁴), si l'échantillon est grand, ou le test de Student, si l'échantillon est faible (inférieur à 30) (Cicéri M.-F. et al., p94⁶⁵). Mais statistique significative ou non, les tests n'éliminent pas l'obligation d'une surface d'analyse. Cela nous conduit à proposer des analyses des plus proches voisinages et proximités qui ne nécessitent aucune maille mais simplement des ensembles de villes.

⁶¹ Cité par B.D. Ripley (1981)

⁶² La statistique R et des développements sur ces problèmes et leurs résolutions sont exposés par P.J. Taylor (1977), pp.156-171.

⁶³ Cité par B.D. Ripley (1981)

⁶⁴ Cité par A. Getis et B. Boots (1978)

⁶⁵ Calcul des moyennes expérimentales des distances des points les plus proches puis calcul de la différence avec l'hypothèse nulle H_0 , selon laquelle « les écarts constatés entre les observations et les valeurs théoriques peuvent être imputés à des fluctuations aléatoires d'échantillonnage et que les différences ne sont pas significatives » (Cicéri M.F. et al., 1981, p.96). L'hypothèse nulle est vérifiée selon les deux tables.

C.1.2.3. Répartitions spatiales et analyses de proximité et de voisinage

Pour accompagner la statistique R, des mesures de plus proche voisinage, accompagnées de graphiques, permettent la visualisation et la comparaison des types d'espacement (Thomson, 1956⁶⁶) sur des ensembles de villes dépourvus d'enveloppe spatiale. Ces mesures sont réalisées par niveaux de voisinage ou de proximité (pas de distance, rayon de voisinage variable) et des comptages du nombre de villes dans un voisinage (Cowie S.R., 1968 et Bartlett M.S. 1974 et 1975⁶⁷ ; Upton G., Fingleton B., 1985). Ce qui importe dans ces analyses ce sont les premières valeurs de proximité et de voisinage qui ne tiennent pas (ou peu) compte des valeurs extrêmes.

La réalisation des mesures qui vont suivre pour exemple est effectuée sur 4 répartitions spatiales théoriques, reconstituées et géoréférencées :

- une répartition régulière quadrangulaire (121 villes) ;
- une répartition régulière triangulaire (149 villes) ;
- une répartition aléatoire (145 villes) ;
- une répartition par paquets avec 3 agrégats (115 villes réparties en 15 villes dans l'agrégat 1, 64 villes dans l'agrégat 2 et 36 villes dans l'agrégat).

Puisque aucune unité spécifique n'est fixée sur le repère orthonormal, les distances n'ont aucune valeur. Ce sont les formes des courbes, dont les observations et les analyses ont été testées à plusieurs échelles de représentations, qui importent pour caractériser les répartitions spatiales.

Les proximités d'ordre 1 à (n-1)

Les premières mesures concernent les proximités des différents ordres. Il s'agit de mesurer pour chaque ville toutes les distances qui les séparent des autres villes, de la plus proche à la plus éloignée. C'est mesurer la moyenne des distances au plus proche voisin d'ordre 1, puis d'ordre 2 ... jusqu'à la moyenne de distance au plus proche voisin d'ordre (n-1), qui représente la moyenne des distances qui sépare une ville de celle qui en est la plus éloignée (n étant le nombre de villes du semis étudié). Plus précisément la mesure de la moyenne des distances à chaque proximité s'effectue comme suit. Nous appelons proximité d'ordre 1 la mesure de la distance qui sépare un point à celui qui lui est le plus proche. Nous appelons proximité d'ordre 2, la mesure de la distance qui sépare le point au deuxième point le plus proche, proximité d'ordre 3 la mesure de la distance au troisième point le plus proche, et ainsi de suite jusqu'à (n-1). Nous effectuons la moyenne des distances pour chaque ordre de proximité que nous reportons sur un graphique sur lequel

⁶⁶ Cité par A. Getis et B. Boots (1978)

⁶⁷ Cités par Ripley B.D., 1981

les valeurs des distances sont fonction des ordres de proximité. Cela permet de distinguer les répartitions types et les particularités de chacune d'entre elles⁶⁸, principalement sur les premières valeurs de proximité, et de comparer les espacements de différentes répartitions spatiales selon les ordres de proximité.

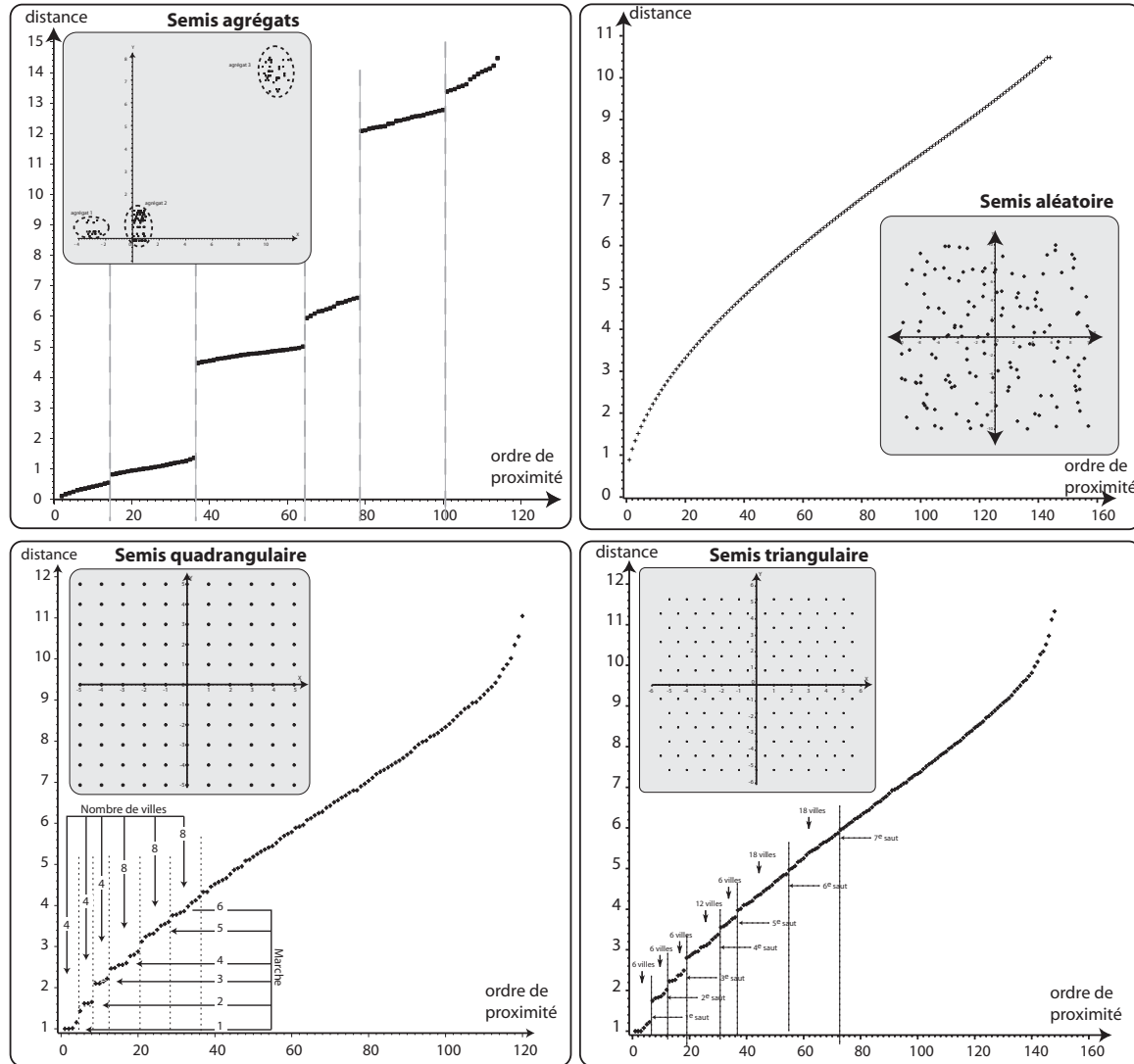


Figure 5 : les mesures de proximité dans les 4 modèles de référence de répartition spatiale

Pour la **répartition homogène quadrangulaire**, il existe des régularités dans les espacements aux différents ordres de proximité qui se traduisent par des sauts de distance entre deux ordres de proximité. Ces ruptures donnent une impression de « marches » d'escalier dont la largeur est un multiple de 4 (Figure 5, p.94).

⁶⁸ Un test statistique peut être réalisé par rapport à une distribution aléatoire (Getis A., Boots B., 1978)

Cette largeur révèle la géométrie qui impose à chaque point 4 plus proches voisins à chaque ordre de proximité. Plus l'ordre de proximité augmente, plus la hauteur des marches diminue et leur largeur augmente. Cette double caractéristique est perceptible dès le 12^e ordre de proximité. À partir de la 4^e marche débutent des regroupements de points par paquets de 8 villes (marches 5 et 6 sur la Figure 5). Au-delà du 36^e ordre de proximité, des ruptures de plus en plus atténuées s'observent entre plusieurs distances d'ordres successifs mais elles ne permettent pas de déceler de régularités dans le nombre de villes des paquets formés.

Dès lors qu'une courbe représentative d'une répartition spatiale de villes possède dans les premiers ordres de proximité ce type de régularités, il s'agit d'une répartition régulière quadrangulaire.

Très proche de la répartition géométrique précédente, dont elle conserve le même type de régularité, **la répartition homogène triangulaire**, à la géométrie hexagonale, induit des régularités dans les sauts, avec des largeurs de 6 pas ou multiple de 6. Toutefois, les ruptures sont plus prononcées que précédemment (Figure 5, p.94).

Les ruptures entre les marches, différence de distance conséquente entre les 6^{nièmes} et les 7^{nièmes} pour les trois premiers sauts, sont franches. Plus l'ordre de proximité est grand, plus le nombre de villes constituant une « marche » augmente : au-delà du 5^e saut, ce nombre est supérieur à 12. Pour cette répartition, les sauts sont perceptibles jusqu'au 72^e plus proche voisin, ce qui constitue une bonne représentativité de la régularité sachant que le nombre total de villes dans ce modèle est de 149.

Dès lors qu'est constaté ce type de régularité, dans les premiers ordres de proximité, il s'agit d'une répartition régulière triangulaire.

La répartition par agrégats a été volontairement très marquée par 3 paquets bien distincts et plus ou moins éloignés les uns des autres. Cette répartition se situe entre la concentration absolue et la répartition aléatoire (Figure 4, p. 90, sa statistique R comprise entre 0 et 1) et mesure les distances moyennes par ordre de proximité. (Figure 5, p. 94).

Les ruptures dépendent du nombre d'agrégats, des nombres de points par agrégat, de la concentration (ou dispersion) à l'intérieur de chacun des agrégats, et des distances entre les agrégats. Il y a des ruptures très franches qui marquent des sauts dans les mesures de proximité qui permettent de dire qu'il y a des agrégats mais pas d'en connaître le nombre exact. La hauteur (la distance moyenne) dans une coupure, d'une marche, traduit les écarts d'éloignement entre les paquets. Dans notre exemple le saut après les 13 premières valeurs correspond au plus proche voisin des 14 points. Lorsqu'il y a seulement 2 agrégats, la rupture est nette.

Pour la **répartition aléatoire**, la forme de la courbe est sans rupture apparente entre les différents ordres de proximité (Figure 5, p. 94). Les distances entre les différents ordres de proximité sont régulièrement croissantes conduisant à une courbe régulière proche d'une droite, caractéristique d'une répartition aléatoire.

De manière générale, cette représentation permet de révéler toutes les formes de régularité autour des proximités de premier ordre, que ce soit pour une répartition quadrangulaire (proximités de 4 villes), pour une répartition triangulaire (proximités de 6 villes), pour une répartition par agrégats (sauts très marqués). Il peut être également observé des régularités à l'intérieur d'une des répartitions types définies (quadrangulaire, triangulaire, agrégats). Dans le cas d'une répartition par agrégats, dont les répartitions des sous-ensembles sont régulières et identiques, quadrangulaire par exemple, des sauts importants, caractéristiques des répartitions par agrégats, et des « marches », caractéristiques des répartitions régulières quadrangulaires, sont observables (Figure 6).

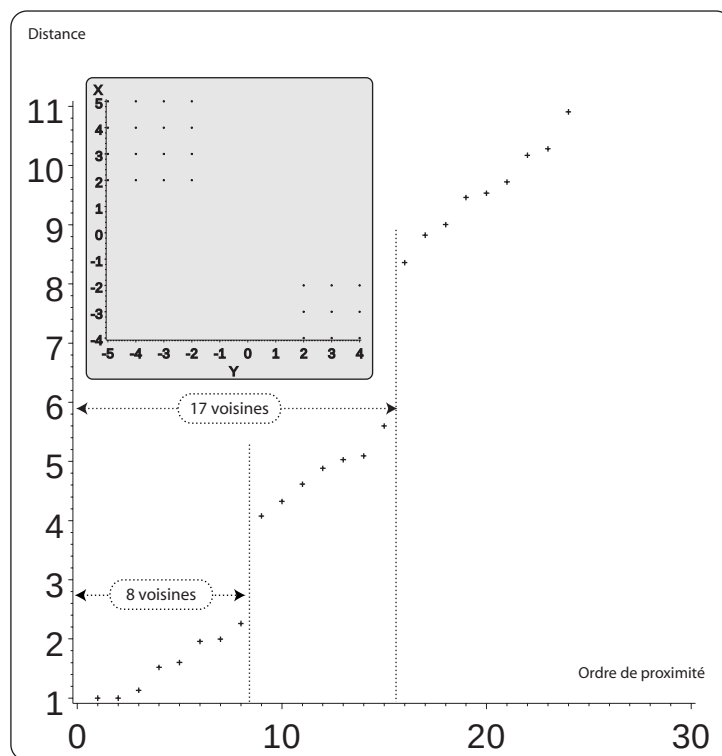


Figure 6: les mesures de proximités dans un modèle de répartition par agrégats régulier triangulaire

Dans le cas ci-dessus, le 1^{er} saut correspond au nombre de voisins pour chaque ville de la répartition quadrangulaire du premier paquet. Le 9^e voisin se trouve dans le second paquet. Le 2^e saut correspond au nombre de voisins pour chaque ville de la répartition quadrangulaire du second paquet.

Ce qui conduit à conclure que plus les sauts sont importants dans la régularité des premières marches, plus les semis ont tendance à être constitués de paquets homogènes de points.

Dans tous les cas de figure⁶⁹, la reconstitution des répartitions spatiales impose un cadre pour délimiter les localisations des points. Cette délimitation entraîne irrémédiablement des effets de bord pour les points situés dans un voisinage « réduit » de ces limites. C'est le cas pour les points qui forment les 4 angles dans les distributions régulières et qui ne possèdent que 2 et 4 plus proches voisins au lieu de 4 et 6 comme l'imposent les géométries quadrangulaire et hexagonale. Ce sont ces effets de bord qui se traduisent par une déviation sensible de la régularité des résultats, en particulier dans les régularités des « marches d'escalier » et des sauts pour les répartitions régulières, et en général dans les mesures des proximités de plus grand ordre.

Les voisins dans un rayon variable croissant ou densité par rapport à un centre

Pour d'autres mesures, axées sur les voisinages, nous choisissons la méthode qui consiste à compter le nombre de villes à l'intérieur d'un cercle de rayon r . C'est la distribution radiale « *fonction $K(r)$* » de B.D. Ripley (1976, 1977, 1981). Sur la base de cette fonction, nous faisons croître le rayon d'un cercle centré sur chacune des villes et comptons les nombres de villes dans ces différents voisinages. De ces mesures de densité du semis, nous proposons un graphique susceptible de caractériser les répartitions spatiales. Un exemple de ce type de graphiques issus de ces mesures de voisinage est donné par H. Jayet (1993) sur l'analyse des voisinages des villes françaises par rapport au centre géométrique du territoire, puis Paris, puis autour des villes de plus de 200 000 habitants, avec « *le nombre de villes dont la distance est inférieure ou égale à une distance donnée* ».

Cette méthode permet de comparer les densités de villes dans le voisinage d'une ville. Il faut toutefois relativiser les résultats de ces analyses de voisinage qui sont très dépendants du pas de distance choisi pour leur mesure.

Le pas de distance du rayon de voisinage est déterminant pour repérer les structures spatiales. Pour l'application de cette méthode sur les quatre modèles de référence des répartitions spatiales, le pas choisi est fixé à la moitié de l'unité du repère orthonormal. Il diffère des pas de distance observés dans les régularités des répartitions triangulaire ($\sqrt{3}$, hexagone) et quadrangulaire ($\sqrt{2}$, carré).

Si le pas choisi est égal au pas de la régularité de la répartition observée (s'il en existe une), des régularités graphiques apparaissent sur la progression du nombre de

⁶⁹ La représentation de la concentration absolue est tout logiquement une droite horizontale.

voisins. Ces régularités s'observent avec l'augmentation du rayon de voisinage par des sauts réguliers. Pour la répartition quadrangulaire, ces sauts s'observent au niveau d'un nombre de voisins dont la valeur est un multiple de **4**. Pour la répartition triangulaire, ces sauts s'observent aux niveaux d'un nombre de voisins dont la valeur est un multiple de **6**. Les formes des deux courbes montrent toujours une droite sauf pour les valeurs élevées de voisinages.

Cette méthode permet également de repérer une quelconque régularité dans les voisinages des villes à partir du moment où elles sont identiques.

De grands sauts très irréguliers avec des « marches longues », qui traduisent un grand éloignement entre des paquets de villes, révèlent une répartition par agrégats. Alors qu'une répartition de type aléatoire montre, à partir d'un voisinage réduit, une régularité du nombre de voisins qui croît linéairement sans sauts apparents, c'est ce qui la distingue des représentations des autres courbes.

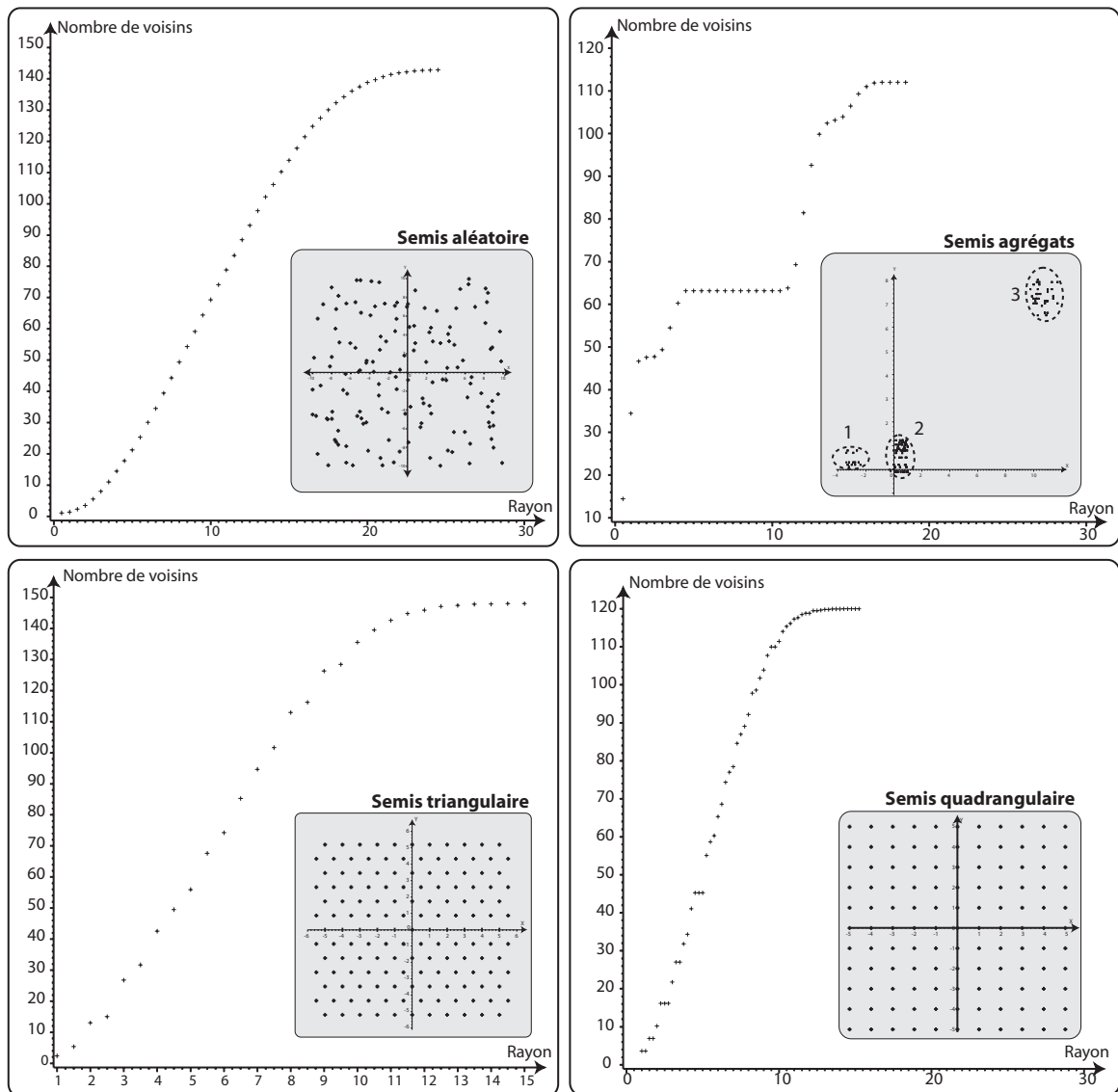


Figure 7 : densités de voisinage dans les 4 modèles de référence de répartition spatiale

Pour ces mesures se posent toujours les problèmes de la mesure de la moyenne pour représenter une caractéristique générale et des effets de bord pour les points en limite extérieure du semis. Ces nombreux points « extérieurs » n'ont pas le même nombre de voisins que les points situés à l'intérieur du semis. C'est la raison pour laquelle les régularités s'observent plus exactement pour des valeurs proches de 4 et de 6 pour les répartitions quadrangulaire et triangulaire.

Conclusion sur l'analyse des répartitions spatiales pour révéler les structures urbaines

L'espace et ses représentations permettent de mettre en avant des arrangements de villes dans l'espace géographique. En ayant choisi comme base de comparaison l'espace

euclidien, nous attribuons consciemment des propriétés qui ne sont pas toujours celles de l'espace géographique. Mais cette représentation demeure une référence dans les mesures d'espacement et de caractérisation des répartitions spatiales des villes.

À partir de la statistique R, d'une part, des proximités aux plus proches voisins de différents ordres et des dénombrements dans un voisinage fixé, d'autre part, appliqués à des répartitions théoriques d'arrangements spatiaux, les bases méthodologiques de l'analyse des répartitions spatiales ont été posées.

Chacune de ces méthodes offre des avantages et des défauts, l'analyse de la statistique R devant s'accompagner soit d'un test statistique soit des graphiques exposés pour atténuer les effets des villes isolées ou éloignées et pour confirmer sa « significativité ».

C.2. Structures spatiales et hiérarchies urbaines

Nous avons évoqué les cas des organisations hiérarchiques homogène et polarisée dans les systèmes de villes, dans lesquelles, pour la première organisation, aucune domination de villes n'est perceptible, pour la seconde, une ville domine le reste du réseau. Les mises en réseau de villes et les regroupements que nous proposons dans le prochain chapitre, produisent des ensembles de villes aux organisations hiérarchiques différentes. Comme pour l'analyse d'un semis de points, il existe une panoplie de méthodes pour mesurer, relever, révéler les degrés de hiérarchisation ou de polarisation d'un système de villes, et définir son type d'organisation hiérarchique. Cette section présente certaines de ces approches, et les confronte aux modèles théoriques d'organisations hiérarchiques pour en extraire des mesures qui servent de base aux comparaisons avec des organisation hiérarchique observées.

C.2.1. Indices et distributions théoriques des tailles de villes

Nous abordons, via l'unique critère de la taille des villes, cette analyse des organisations hiérarchiques dans un système de villes. Nous présentons d'abord les indices statistiques, non issus de lois, pour exposer par la suite les grands traits de la modélisation des distributions dites « parétiennes ».

Les indices statistiques et les indices de concentration

Les indices mesurés peuvent être regroupés en deux ensembles : les indices statistiques et les indices de concentrations. Les indices statistiques sont ceux qui ont trait à l'analyse des distributions statistiques des tailles de villes : les indices de valeur centrale comme la moyenne (arithmétique ou géométrique), la médiane et le mode ; les indices de dispersion tels que l'écart-type, les quantiles en général (centiles, déciles, quartiles), le maximum, le minimum et l'étendue.

D'autres indices comme les **indices de primatie et de macrocéphalie** nécessitent un ordonnancement des tailles des établissements du système de peuplement. Ils apportent des informations sur l'organisation hiérarchique d'un système de villes, notamment sur le poids des plus grandes villes dans la hiérarchie. Pour cette raison, ils sont considérés comme de bonnes mesures de la polarisation dans un système de villes.

L'**indice de macrocéphalie** est le rapport de population le plus élevé entre deux villes successives dans l'ordonnancement de la population. Il est nécessaire de connaître non seulement la valeur de ce rapport mais également les rangs des deux villes successives produisant ce rapport.

- Lorsqu'un rapport élevé est mesuré entre les deux plus grandes villes de la distribution, le système est primatial.
- Lorsque ce rapport élevé est mesuré entre les 2^e et 3^e villes, le système est bicéphale.
- Lorsqu'un rapport élevé est mesuré plus loin dans la distribution, le système est multipolaire ou polycentrique.
- Lorsque le rapport est relativement faible et les villes ayant servi à sa mesure éloignées dans l'ordonnancement, le système est homogène ou hiérarchisé.

L'**indice de primatie**, proposé par Jefferson (1939) et Stewart (1958), est le rapport entre les deux villes les plus grandes. Cet indice de primatie peut être égal à l'indice de macrocéphalie lorsque le rapport le plus élevé entre deux villes successives de la hiérarchie se situe entre la 1^e et la 2^e ville. Dans ce cas, plus la valeur de l'indice est élevée, plus elle correspond à celle des organisations hiérarchiques de systèmes polarisés de villes. Un indice de primatie faible, inférieur à celui de macrocéphalie, peut indiquer des organisations bipolaires, multipolaires voire homogènes. D'autres mesures de primatie existent, comme celles proposées par K.T. Rosen et M. Resnick⁷⁰ (1980), pour « *refléter le plus exactement possible le poids ou domination de la première ville* » (F. Guérin-Pace, 1993), avec des rapports entre la taille de la première ville et la somme des 5, 10 ou 50 premières.

⁷⁰ Cité par F. Guérin-Pace (1993), p.49.

Ces indices nécessitent de mesurer l'ensemble des rapports de taille pour permettre de préciser certains types d'organisations hiérarchiques. Pour caractériser dans une plus large mesure les organisations hiérarchiques, les courbes de concentration et les indices associés proposent de rendre compte des concentrations de population dans un système de villes.

Parmi les nombreuses mesures de concentration (Hoover, Pareto, Lognormal⁷¹), nous avons choisi celle qui nous semble être la plus répandue et la plus simple à mettre en œuvre : la courbe de Lorenz et l'indice de Gini. En utilisant différents types de comparaison, les mesures de la concentration renvoient à des interprétations sensiblement équivalentes (Bretagnolle A., 1999 ; Pumain D., Saint-Julien Th., 2001).

La courbe de concentration de Lorenz (ou de Gini-Lorenz) et **l'indice de Gini** permettent de mesurer l'inégalité de la hiérarchie. La courbe de Lorenz est obtenue par la relation graphique des fréquences cumulées de population en fonction des fréquences cumulées du nombre de villes. La bissectrice, dans le graphique, représente le cas de l'équirépartition de la population dans les villes : toutes les villes ont la même taille, la même population. L'indice de Gini correspond à l'aire de la surface qui sépare la courbe représentative d'une distribution observée des populations et la courbe d'équirépartition.

La valeur de l'indice de Gini varie de 0, lorsque la distribution observée correspond à celle de l'équirépartition, à 1, lorsque toute la population est concentrée dans une seule ville. Plus la courbe s'éloigne de la bissectrice, plus la population est répartie de manière inégale (Béguin M., Pumain D., 1994). En posant p_i , la proportion de population cumulée au niveau i , et q_i la proportion du nombre de villes cumulées, et S la surface entre les deux courbes, l'indice de Gini se mesure par :

⁷¹ Voir le tableau d'A. Bretagnolle (1999) sur la comparaison des mesures de ces indices sur l'évolution de la concentration de la population dans le système de villes françaises (repris par Pumain D. et Saint-Julien T., 2001, p.106).

$$Z = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(p_{i+1} - p_i)(q_{i+1} + q_i)}{2} \quad S = 0,5 - Z$$

$$\text{Indice de Gini} = 2 \times (0,5 - Z)$$

Les distributions théoriques des tailles de villes et les mesures des inégalités

En complément à ces indices statistiques, d'autres mesures issues de distributions théoriques et de lois permettent de préciser et de qualifier l'organisation hiérarchique dans un système de villes. Comme les valeurs dites centrales servent de repère pour *comparer les valeurs d'une distributions*, les modèles de distribution théoriques permettent d'évaluer une distribution observée (Pumain D., Saint-Julien Th., 2001) et son caractère dissymétrique. L'analyse des distributions des tailles se fait par l'intermédiaire de différentes représentations graphiques, auxquelles s'associent différentes mesures. Parmi ces modèles, « *les modèles ... de la distribution de Pareto, ou la distribution lognormale (dite de Galton-Gibrat)* » sont ceux qui représentent au mieux les hiérarchies urbaines. Ces distributions se basent sur l'ordonnancement des villes et des mesures particulières sur les graphiques représentant les distributions des villes.

La distribution des tailles de villes, représentée sur un graphique gaussio-logarithmique⁷², est dite lognormale lorsque la taille des villes suit une loi normale, représentée sur le graphique par une droite appelée « Droite de Henry ». Utile dans l'analyse des distributions dissymétriques, et dans les cas où l'on considère l'ensemble des unités de peuplement, cette distribution lognormale et la loi lognormale, dite aussi « *de l'effet proportionnel* » de R. Gibrat (1931), reposent sur des hypothèses dynamiques produisant une partie de la résilience des systèmes. (Pumain D., 1982 ; Guérin-Pace Fr., 1993 ; Moriconi-Ébrard Fr., 1993). Étudiant l'aspect diachronique des systèmes de villes, nous consacrons l'analyse de la distribution des tailles de villes à la distribution rang-taille, ou distribution de Pareto, parce qu'elle permet de modéliser les systèmes de villes, que sa mise en place, sa compréhension et son interprétation sont « simples », et qu'elle convient bien aux comparaisons.

Bien que cette distribution rang-taille ne soit pas spatiale, elle a l'intérêt théorique « de représenter, à un moment donné, une description du degré d'organisation hiérarchique dans un système de villes interdépendantes » (Moriconi-Ébrard Fr., 1993). Il

⁷² Les abscisses sont représentées sur une échelle logarithmique et les ordonnées sur une échelle gaussienne représentant les fréquences cumulées.

ne s'agit pas ici de connaître les raisons des formes de distribution, mais simplement de relever les structures hiérarchiques qui en résultent. Des précautions pour son utilisation sont cependant à respecter pour obtenir des résultats significatifs sur (Parr J.B., 1970 ; Pumain D., 1982 ; Guérin-Pace Fr., 1993) :

- le seuil de taille de l'échantillon, c'est-à-dire la taille de la plus petite ville du système prise en compte dans la distribution ;
- la vérification du nombre de villes croissant davantage si leur taille diminue (règle de Zipf) ;
- les limites territoriales du système étudié et de la définition homogénéisée des villes ;
- le nombre minimal de villes du système étudié ou la taille de l'échantillon.

Ces quatre conditions sont étroitement liées. Le premier point soulève la question du seuil de population au-delà duquel une entité spatiale est considérée comme ville. Ce seuil peut-être considéré comme « *une contrainte...qui limite le nombre et fixe la taille moyenne des unités urbaines, et la recherche d'une explication se trouve donc déplacée de la forme du système vers la nature et la fonction de ses éléments* » (Pumain D., 1982). Il est souvent à la source d'erreurs d'interprétation par l'assimilation d'une distribution lognormale à une distribution de Pareto, lorsqu'il est trop élevé, c'est-à-dire lorsque la taille de la plus petite ville est trop grande. La dissymétrie de la distribution n'est alors plus visible sur la courbe rang-taille. C'est ce que démontre Fr. Guérin-Pace (1993, p.65) à partir de l'exemple des distributions des tailles de villes françaises⁷³. La solution réside alors dans la prise en compte de « *l'ensemble de la distribution observée pour déterminer la nature de la distribution théorique dont elle se rapproche le plus, et éviter ainsi de déduire une forme inexacte de la hiérarchie des tailles de villes* » (Guérin-Pace Fr., 1990, p.67).

Le seuil peut être déterminé en se fondant soit sur une population minimale, soit sur les rangs, les 100 premières villes d'un système de villes par exemple, ou simplement en reprenant la proposition de G.K. Zipf (1949) pour qui le seuil urbain est au niveau où la distribution rang-taille s'incurve vers le bas⁷⁴.

La distribution rang-taille des villes selon la représentation de Lotka (1924) reprise par G.K. Zipf (1949)⁷⁵ revient alors à ordonner les villes selon leur poids démographique

⁷³ Elle reprend (et cite) la méthode utilisée par M.J. Malecki (1980).

⁷⁴ Cité par D. Pumain (1982), p.28.

⁷⁵ Cité par D. Pumain (1982), p.28. Nous ne reviendrons pas sur les analogies entre les différentes modélisations des distributions parétiennes, notamment entre celle de Pareto et de Zipf, longuement exposées dans la littérature : Parr J.B., 1970 ; Pumain D., 1982 ; Guérin-Pace F., 1993 ; Moriconi-Ebrard Fr., 1993 ; Guérin-Pace F., Lesage X., 2001.

et à les représenter sur un graphique bilogarithmique, avec en ordonnées les logarithmes des populations en fonction du logarithme de leur rang (en abscisses).

L'organisation hiérarchique d'un système de villes se caractérise alors par sa courbe représentative bilogarithmique, la recherche d'un ajustement à cette courbe et différents paramètres associés à cet ajustement. Nous ne discuterons pas ici les avantages et inconvénients des différentes mesures d'estimation des ajustements (Pumain D., 1982 ; Guérin-Pace Fr., Lesage X, 2001). Notre choix se porte sur la méthode des estimations par les moindres carrés et sur des ajustements différents. Ainsi établie, la représentation permet d'extraire deux ajustements et plusieurs indices associés.

Le premier ajustement consiste à rechercher l'ajustement linéaire de la courbe bilogarithmique. Parmi les différentes formulations des droites de régression des distributions de type parétien nous avons emprunté celle de Lotka (1924) :

$$(1) \quad y = ax + b$$

$$(2) \quad \log(Pop) = a \times \log(Rang) + b$$

avec :

y = le logarithme de la population de la ville

x = le logarithme du rang de la ville

a représente la pente dont la valeur est toujours négative. Elle « représente un indice de l'inégalité des tailles des villes du système urbain » (Moriconi-Ébrard Fr., 1993) : plus cette valeur est petite et « plus la population est distribuée de manière inégale » (Guérin-Pace Fr., Lesage X, 2001)

b, une constante représentant la taille de la ville de premier rang (plus grande ville) ; également « ordonnée à l'origine ».

De l'ajustement bilogarithmique, nous relevons la pente et le coefficient de détermination (R^2). Ce dernier mesure *le degré de relation* entre les logarithmes des rangs et les logarithmes des populations des villes. La pente renseigne sur le type de rapport qui existe entre les villes successives de la distribution.

En complément, nous établissons l'ajustement de la distribution par un polynôme de degré 2.

$$(3) \quad y = ax^2 + bx + c$$

Cet ajustement polynomial permet avec l'aide du coefficient de son terme de degré 2 d'estimer le niveau de « concavité » de la courbe traduisant l'importance relative du

nombre de villes intermédiaires dans la distribution (le coefficient **a** dans l'équation (3)). Si ce paramètre est positif alors le nombre de villes intermédiaires est supérieur à ce que le prédit le modèle : c'est la « *concavité vers le bas* » qui représente une relative égalité des villes du haut de la hiérarchie (Casetti, 1972 ; Rosen K.T., Resnick M., 1980⁷⁶ ; Guérin-Pace Fr., 1993). Dans le cas d'un coefficient négatif, le nombre de villes intermédiaires est inférieur à ce que prédit le modèle : « *c'est la concavité vers le haut* » qui révèle une forte hétérogénéité des tailles de villes (Guérin-Pace Fr., 1993).

C.2.2. Modèles et analyses de distribution de tailles des villes

F. Guérin-Pace et X. Lesage (2001) ont montré les insuffisances de certains modèles de distributions notamment « *lorsqu'on cherche à comparer différents systèmes urbains observés à une date donnée* ». Ils démontrent également qu'il n'existe pas un modèle de distribution « meilleur que les autres ». Nous suivons leur conseil qui consiste à utiliser plusieurs mesures qui permettront de caractériser une organisation hiérarchique. Non seulement nous utiliserons un modèle de distribution théorique, mais également la courbe de concentration de Gini-Lorenz et l'indice de Gini.

En matière de hiérarchies urbaines et de distributions des tailles de villes nous considérons les systèmes de villes homogènes (ou hiérarchisé) et polarisés comme des références d'organisation. Ce qui nécessite des précisions sur leurs représentations et mesures selon les modèles et indices utilisés.

Si l'on ne regarde que la distribution rang-taille, les systèmes se situent entre deux extrêmes. On parlera de **système homogène** lorsque toutes les villes qui composent ce système ont la même taille, ce qui correspond à la courbe de Lorenz de l'équirépartition et à un indice de Gini égal à 0. On parlera de **système « fortement » polarisé** lorsque toute la population est regroupée à l'intérieur d'une agglomération unique (Figure 8, p.107), donc un indice de Gini égal à 1.

Nous ne pouvons pas nous contenter d'un système issu directement d'une modélisation « a-spatiale ». Théoriquement on peut concevoir, bien que ce soit très difficile, en particulier pour le système homogène, que ces types de systèmes soient représentés par ces distributions rang-taille.

⁷⁶ Cités par F. Guérin-Pace (1993), p.70-71.

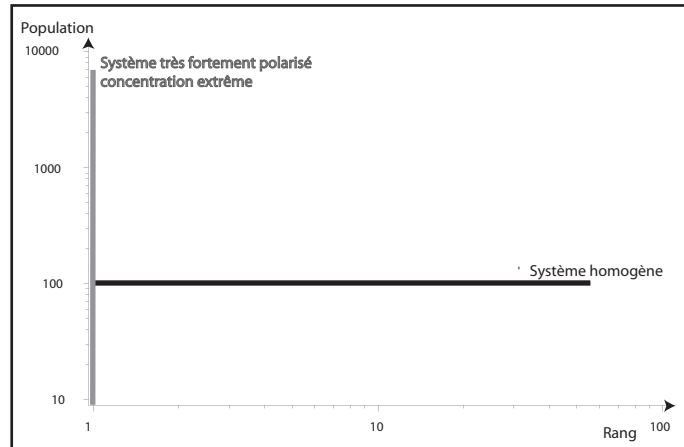


Figure 8: distributions rang-taille de systèmes de villes de référence

En effet, l'homogénéité dans un système de villes doit être certes considérée comme un ensemble de villes dans lequel, d'une part, nulle ville n'exerce son hégémonie sur l'ensemble du réseau, et, d'autre part, il existe plusieurs agglomérations de tailles comparables, mais doit surtout comprendre différents niveaux de villes. Ce qui correspond à une vision du système de villes hiérarchisé ou de « *type fédéral* », pour reprendre l'expression de Fr. Moriconi-Ébrard (1993).

En terme de modélisation des distributions, cela revient donc à considérer un système homogène de villes comme une distribution de villes soit du type de celle rencontrée dans le modèle des lieux centraux de W. Christaller, si on considère une distribution discontinue, soit, en restant dans le domaine des distributions théoriques « a-spatiales » et en considérant une continuité dans cette distribution, du type du modèle de la droite de Pareto, « *la loi de Zipf* » (Zipf, 1949), ou loi rang-taille.

Ce modèle stipule que la taille d'une ville est fonction de son rang dans un système de villes ordonné et que plus les tailles de villes diminuent plus il y a de villes. De plus l'ajustement linéaire est confondu avec la distribution bilogarithmique des tailles de villes. Son coefficient de détermination R^2 est égal à 1, la pente est égale à -1 et enfin, le coefficient de la polynomiale est égal à 0. Cela signifie, pour donner un ordre de grandeur, que la première ville est deux fois supérieure à la seconde, trois fois supérieure à la troisième et ainsi de suite (Zipf G.K., 1949 ; Pumain D., 1982).

Nous ne considérons aucunement ce modèle comme une norme mais plus comme un « *modèle [qui] peut être utilisé comme une référence, c'est-à-dire par rapport à une situation théorique où toutes les conditions seraient réunies pour que la distribution soit parfaitement linéaire* » (Moriconi-Ébrard Fr., 1993). L'indice de Gini mesuré à partir d'une courbe de Lorenz d'une distribution théorique de tailles de villes, correspondant au modèle de « *la loi de Zipf* », est égal à **0,625**. Cette valeur permettra de servir de repère

théorique pour l'indice de Gini, au même titre que les valeurs 0 et 1, à condition d'y associer d'autres indices, notamment ceux issus des ajustements de la distribution rang-taille, pour confirmer le type d'organisation hiérarchique.

Nous proposons alors de définir les caractéristiques du **système de villes homogène ou hiérarchisé** selon les paramètres propres à ces modèles dont la distribution des populations des villes suit une droite de Pareto, qui possède ou se rapproche des caractéristiques suivantes :

- Distribution rang/taille dont la pente de l'ajustement bi-logarithmique est égale à **-1** (selon notre équation).
- Un coefficient de détermination R^2 est égal à **1**.
- Un coefficient d'ajustement de la polynomiale égale à **0**.
- L'indice de Gini est égal à **0,625**.
- La primatie est égale à **2**, tout comme la macrocéphalie qui se situe entre les deux premières villes.

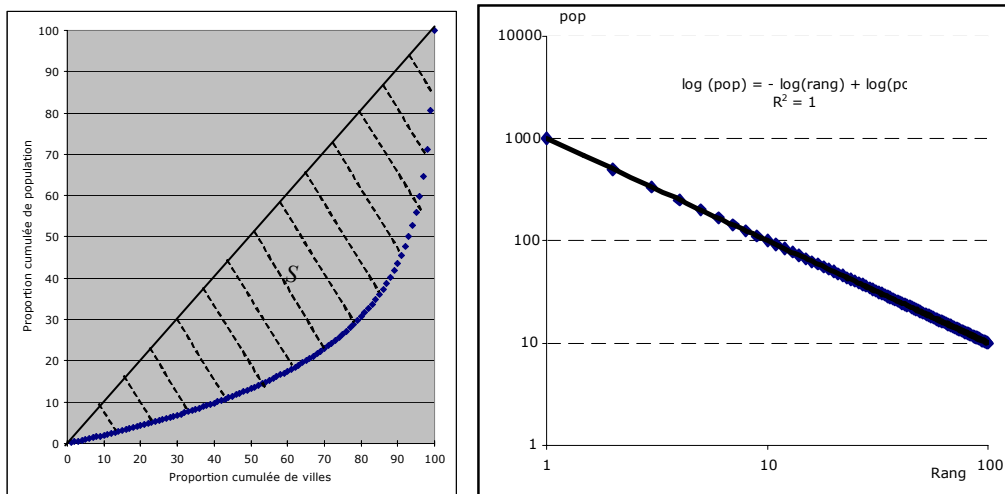


Figure 9 : courbe de Gini-Lorenz et distribution rang-taille selon le modèle hiérarchique de « la loi de Zipf »

Alors qu'il n'existe qu'une seule forme d'homogénéité des systèmes de villes, l'existence de plusieurs formes de polarisation ne permet pas, quant à elle, de dégager un modèle unique mais seulement les grands traits des distributions des systèmes polarisés ou multipolarisés, polycentriques. En admettant que cette polarisation se remarque par une rupture de taille entre le lieu central et les villes soumises à son influence⁷⁷, les grands

⁷⁷ Cette phrase peut être écrite au pluriel si plusieurs lieux centraux.

traits des **systèmes de villes polarisés ou multipolaires** concernent tout d'abord l'indice de Primatie et l'indice de Macrocéphalie, qui sont toujours élevés (supérieurs à 2). L'allure de la courbe est généralement concave vers le haut, plus ou moins brisée, l'ajustement est souvent médiocre, et la valeur de la ville de rang 1 est très largement sous-estimée par la droite d'ajustement.

Le système de villes homogène correspond alors à un système de villes hiérarchisé, ce qui nous paraît plus correct. Lorsqu'on réalise une régionalisation d'un territoire, en tenant compte des structures hiérarchiques existantes dans le système de villes étudié, ce modèle d'organisation hiérarchique est celui pour lequel la complémentarité et l'égalité sont maximales.

Enfin, rappelons que bon nombre de ces mesures peuvent, comme l'attestent les domaines d'applications d'où elles émergent, être réalisées sur d'autres variables à partir du moment où on s'intéresse à l'organisation hiérarchique sur des variables ordonnables.

C.3. Structures et organisation spatiales

Les espacements et les organisations hiérarchiques constituent les caractéristiques majeures des systèmes de villes. Les deux sections précédentes ont montré les modèles de références pour chacune des caractéristiques :

- la première pour révéler les structures spatiales d'un système de villes par l'analyse du semis ;
- la seconde pour révéler les structures spatiales d'un système de villes par l'analyse de son organisation hiérarchique.

Dans cette dernière section leur analyse est simultanée et constitue l'analyse des distributions spatiales, autrement dit l'analyse des répartitions spatiales des tailles de villes. Parce que ces dernières préfigurent les organisations spatiales des systèmes de villes, elles permettront d'en révéler les principales structures.

Pour caractériser les organisations spatiales des systèmes de villes en général, et des réseaux de villes que nous proposons de mettre en place, un modèle de référence est présenté.

Dans les modèles de répartition spatiale dans un espace euclidien nous avons décrit le treillis. Dans les modèles d'organisations hiérarchiques nous avons décrit celui du système de villes hiérarchisé. Dans cette dernière présentation d'un modèle de référence, nous recherchons des modèles d'organisation spatiale où les répartitions des villes tiennent compte de la taille des villes dans un espace euclidien.

Pour pouvoir proposer à terme la construction des réseaux de villes dont la complémentarité constitue une dominante de leurs organisations spatiales, le modèle de référence doit posséder une organisation hiérarchisée et la répartition spatiale régulière et homogène du treillis. Le modèle des lieux centraux de W. Christaller (1933) propose une organisation spatiale qui semble la mieux adaptée pour servir de modèle de référence.

Après avoir rappelé la géométrie et les principes du modèle, des mesures simultanées des espacements et des hiérarchies sont calculées sur le modèle de référence. Ces mesures permettront par la suite d'estimer le degré d'assimilation des distributions spatiales observées au modèle théorique.

C.3.1. Un modèle d'organisation spatiale : les lieux centraux selon W. Christaller

On considère qu'un système homogène doit avoir une répartition spatiale régulière du *treillis* et posséder une hiérarchie urbaine comparable au modèle de la *loi de Zipf*. Mais les deux conditions, certes nécessaires, sont cependant insuffisantes (Figure 11, p.112). En effet, il faut que la distribution spatiale des tailles des villes soit régulièrement répartie. Le modèle des lieux centraux de W. Christaller (1933) correspond à cette exigence.

Géométrie et organisation spatiale du modèle des lieux centraux

Le modèle des lieux centraux est à l'analyse comparative des systèmes de villes et de leurs distributions spatiales ce qu'est une répartition homogène ou régulière d'un semis aux études des espacements dans un semis observé, et ce qu'est le modèle de la *loi de Zipf* aux analyses des distributions des populations. Mais il est encore plus que ça. Dans le modèle de Christaller, les lieux centraux sont organisés selon un cadre hexagonal. Une hiérarchie de lieux centraux s'installe selon les niveaux de services offerts. Un lieu central (A), de niveau 1 (de plus haut rang), possédant une grande quantité de biens et de services, fournira à des lieux centraux (B), de niveau 2, de moindre importance situées à une distance d , ces biens et services. De la même manière, ces villes « satellites » (B)

fourniront leurs services et biens qui ont des portées plus faibles, à des lieux centraux encore moins importants (C) situés à une distance d des villes (B).

Le nombre de ces villes « satellites », dépendant d'un lieu central (appelé rapport k), varie selon l'hypothèse de représentativité. Les différents systèmes sont représentés selon les 3 cas (Figure 10, p.111) :

- cas n°1 : où la ville satellite est desservie par 3 lieux centraux ($k=3$) : c'est le **principe de marché** ;
- cas n°2 : où la ville satellite est desservie par 2 lieux centraux ($k=4$) : c'est le **principe de transport** ;
- cas n°3 : où la ville satellite est desservie par 1 lieu central ($k=7$) : c'est le **principe administratif**.

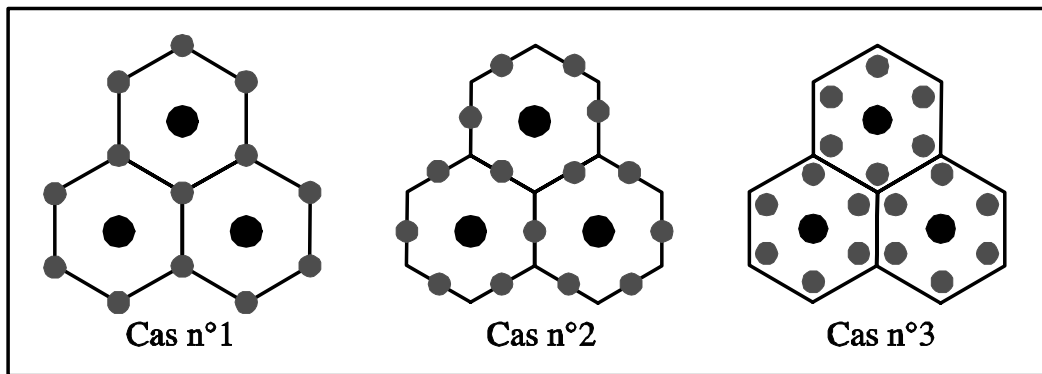


Figure 10 : les variantes du modèle des lieux centraux de W. Christaller

Les développements s'effectuent uniquement dans le cas où une ville satellite peut être desservie par trois lieux centraux (cas n°1). W. Christaller (1933) l'appelle la « *primauté du fait commercial* », en supposant une logique de marché pour laquelle les trajets entre lieux centraux et villes satellites sont les plus courts possibles. Dans ce cas, la hiérarchie urbaine s'établit par niveaux dans des hexagones dont les rayons suivent une progression $\sqrt{3}$. Les villes du plus bas niveau étant séparées par un rayon d , celles du pénultième niveau par un rayon de $d\sqrt{3}$, celui de l'antépénultième niveau par un rayon de $3d$ etc.

Bien que d'autres modèles d'organisation existent et que ce modèle des lieux centraux aie connu bien des transformations (Lösch A., 1943 ; Isard W., 1956 ; Bunge W., 1962), il reste par sa simplicité le modèle de référence d'organisation spatiale « homogène ». La localisation des lieux centraux par niveaux, qui ne nécessite que des

mesures des distances dans un espace euclidien et des tailles de villes par niveau, est de plus en adéquation avec les modèles exposés précédemment.

Ce cas possède deux caractéristiques :

1. les caractéristiques du treillis pour la répartition spatiale des villes ;
2. les caractéristiques, à peu de choses près, du modèle de *la loi de Zipf*⁷⁸ pour son organisation hiérarchique (Berry J.B.-L., Garrison W.L., 1958a, 1958b ; Berckmann M.J., 1958).

Les contraintes d'espacement du modèle de référence du treillis associées aux contraintes de hiérarchie de la *loi de Zipf* constituent les contraintes de notre dernier modèle de référence, celui des lieux centraux de W. Christaller. Dans ce cas, la distribution spatiale des villes, ou la répartition des tailles de villes dans l'espace, est régulière.

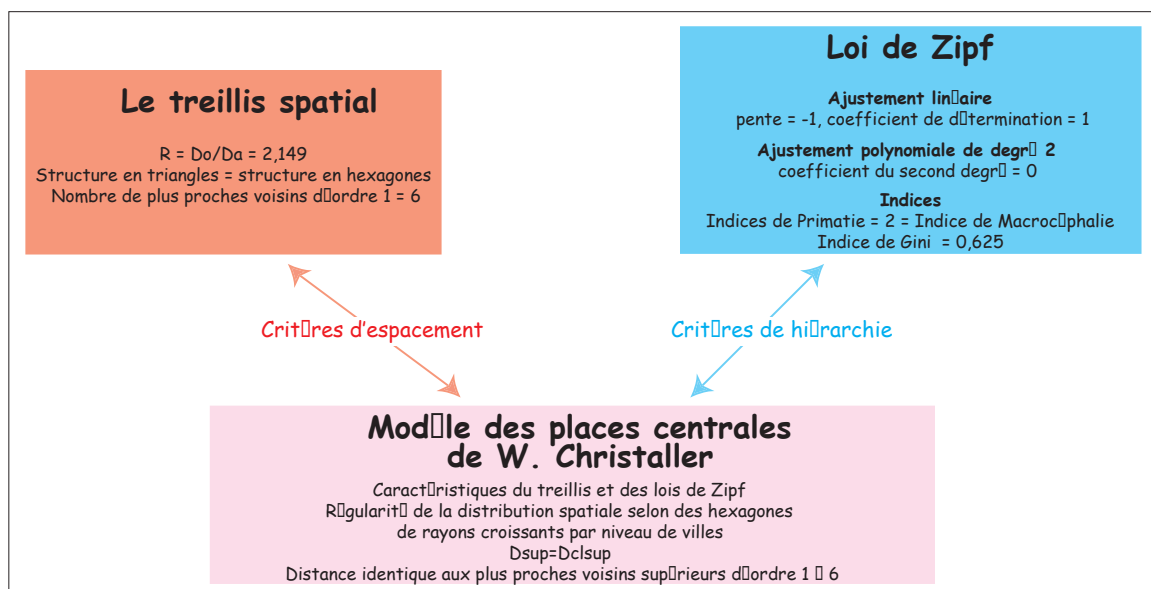


Figure 11 : synthèse des modèles de référence d'homogénéité en terme d'espacements et de hiérarchies

En reconstituant une distribution spatiale des lieux centraux où $k=3$ avec 4 niveaux de villes dans un repère orthonormal, le rayon du plus petit hexagone est fixé à r . Nous avons pour les villes de niveau 4 considéré seulement celles qui se situent dans le rayon de l'hexagone des 3 premiers niveaux de la hiérarchie.

⁷⁸ « La loi rang-taille suppose une distribution continue des tailles de villes, tandis que la théorie des lieux centraux déduit une distribution hiérarchisée, en paliers, où toutes les villes appartenant au même niveau hiérarchique ont la même taille. » D. Pumain (1982).

La distribution spatiale des villes suit la géométrie hexagonale, des plus petits hexagones de rayon r pour les villes du plus bas niveau, en passant par les hexagones de rayon $r\sqrt{3}$ pour les villes de niveau 3, puis de rayon $3r$ pour l'hexagone contenant les villes de niveau 2.

Comme pour le treillis, l'arrêt de la géométrie a pour conséquence d'introduire des effets de bord. Dans ce cas, les villes aux extrémités spatiales des organisations par niveau ne dépendent plus que d'un seul lieu central de niveau supérieur.

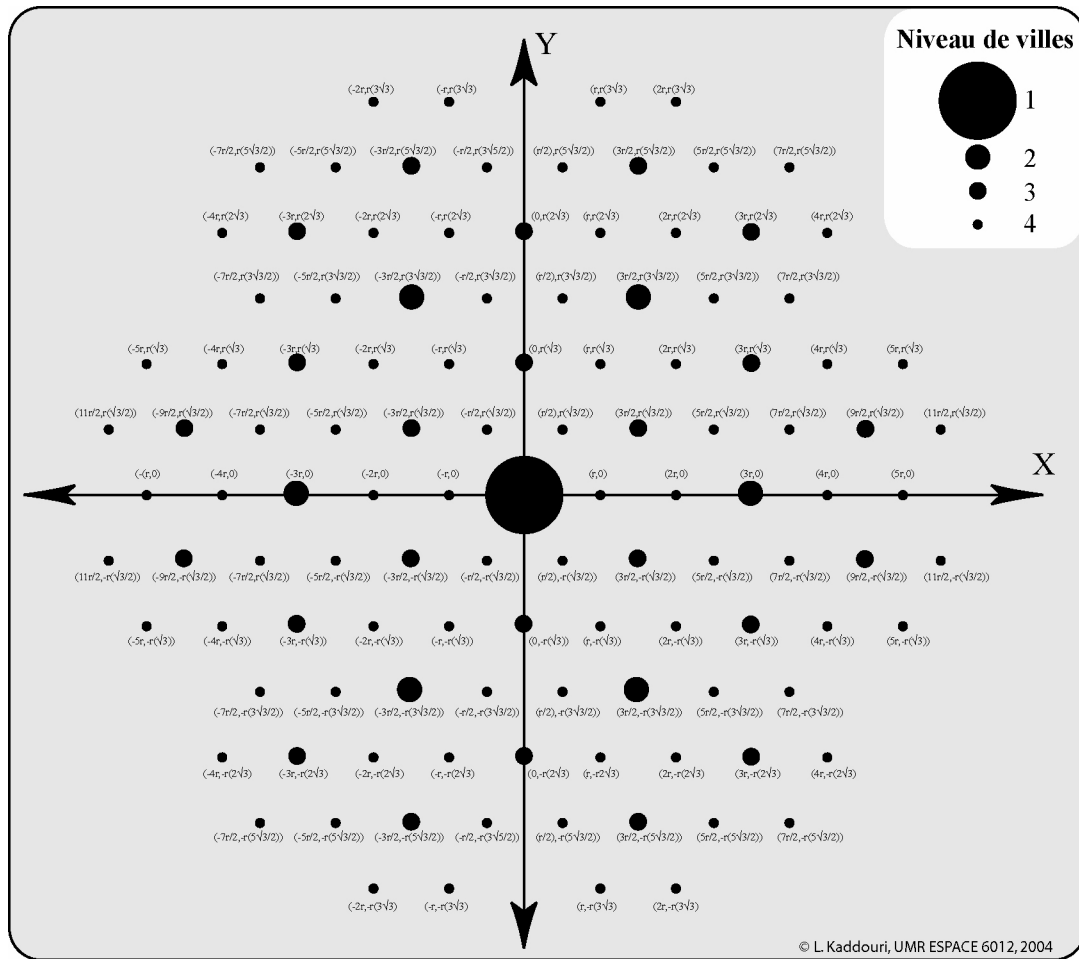


Figure 12: une grille de Christaller à 4 niveaux dans un repère orthonormal

La distribution par niveau des 115 villes de cette trame urbaine est constituée de :

- 1^{er} niveau = 1 ville
- 2^e niveau = 6 villes
- 3^e niveau = 24 villes
- 4^e niveau = 84 villes

C.3.2. Pour l'analyse des organisations spatiales

Bien que possédant, d'une part, les mêmes caractéristiques que celles du treillis, et, d'autre part, les mêmes caractéristiques que celles de *la loi de Zipf* (Figure 13, ci-dessous), le modèle des lieux centraux est plus qu'une addition de ces deux modèles d'espacement et d'organisation hiérarchique.

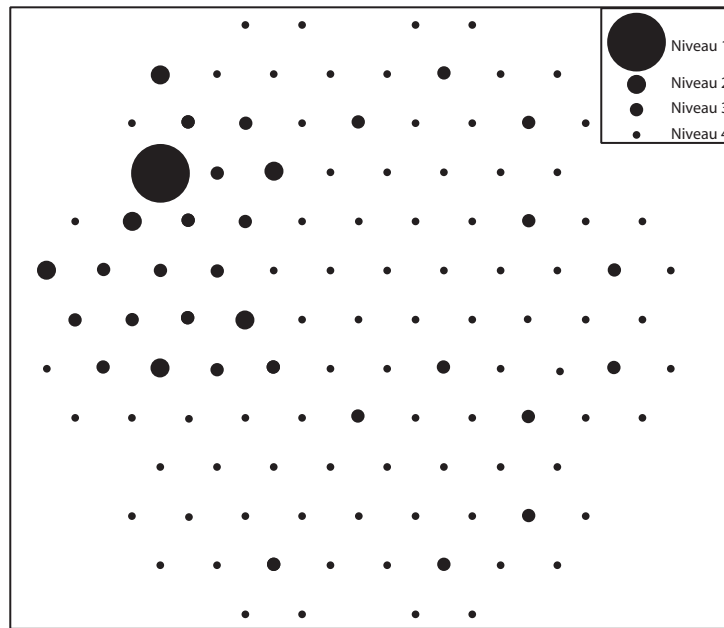


Figure 13 : un treillis associé au modèle de la *loi de Zipf* différent du modèle des lieux centraux

Le modèle de Christaller est caractérisé par une double régularité :

- la régularité des rapports de tailles dans les espacements
- la régularité d'espacement dans la hiérarchie.

Contrairement aux analyses des espacements et des hiérarchies, les mesures présentées dans cette section introduisent l'espacement dans les rapports de tailles entre les villes, d'une part, et les tailles de villes dans l'analyse des espacements entre ces villes, d'autre part. Nous passons alors des analyses des répartitions spatiales et des organisations hiérarchiques à l'analyse des distributions spatiales. Celle-ci permet de mesurer et de représenter les voisinages ou les proximités par tailles ou niveaux de villes. Les résultats de ces mesures appliquées à la répartition et à la distribution du modèle des lieux centraux à 4 niveaux de villes, associés à des représentations graphiques, seront à la base des comparaisons d'organisation.

Ces mesures possèdent l'avantage d'être réalisable sur des espaces dépourvus de mailles.

C.3.2.1. Les espacements « hiérarchisés » dans un système de villes

Différentes mesures d'espacements entre les villes en fonction de la taille des villes sont envisageables. En reprenant les techniques des mesures de voisinage et de proximité exposées précédemment et en les enrichissant du paramètre de la taille des villes, deux méthodes et leur graphique sont proposées :

- l'analyse des proximités d'une ville par rapport à ses voisines supérieures, appelée « ***analyse des proximités hiérarchisées*** » ;
- l'analyse des densités moyennes de villes supérieures autour d'un centre, appelée « ***analyse des voisinages hiérarchisés*** ».

L'analyse des proximités et des voisinages hiérarchisés

En reprenant le principe des mesures des proximités d'ordre l à $(n-1)$ (cf. p.93) et à la différence près que la mesure soit augmentée de la taille des villes, la proximité peut être mesurée uniquement vers les villes voisines de tailles supérieures. Cela permet de mesurer la moyenne des distances d'une ville à sa plus proche voisine de taille supérieure D_{sup} , ou de classe supérieure D_{clsup} , lorsque le critère de taille est donné par niveau.

Ces mesures simples des moyennes de distances qui introduisent les tailles des villes, suppriment les distances entre les villes de même niveau ou vers les plus petites dans les calculs d'une moyenne de distance observée D_o . Elles contribuent à estimer et comparer les proximités à l'intérieur des organisations hiérarchiques des systèmes de villes. Ce que nous appelons la mesure de **la proximité hiérarchisée**.

Dans le modèle de distribution spatiale des lieux centraux à 4 niveaux ($k=3$) (Figure 12, p.113) :

$$D_o = r$$

$$D_{clsup} = D_{sup} = \left(\frac{102 + 24\sqrt{3}}{115} \right) \times r$$

Le plus proche voisin de taille supérieure d'un lieu étant toujours de niveau supérieur, les distances D_{sup} et D_{clsup} sont égales. La distance D_o est égal à r (rayon du petit hexagone). La mesure de D_{clsup} peut être précisée par niveaux pris deux à deux. Cela consiste à mesurer D_{clsup2} , moyennes des distances au plus proche voisin supérieur entre

chaque niveau pris deux à deux. Elle permet de renseigner sur les espacements moyens entre les villes des différents niveaux.

Un autre calcul consiste à généraliser ces mesures de plus proche voisinage de taille supérieure en identifiant et en mesurant *les distances moyennes aux plus proches voisins supérieurs d'ordre 1 à (n-1)*. Toutes les villes ont logiquement un plus proche voisin supérieur d'ordre 1, excepté la plus grande ou les plus grandes si plusieurs villes ont la même taille. En bas de la hiérarchie, en général, plusieurs villes ont la même taille (*règle de Zipf*). Il est donc rare qu'une ville possède le maximum possible de voisins supérieurs ($n-1$).

En reprenant le principe des mesures de voisinage (cf. p.97) et à la différence près que le dénombrement des voisins soit augmentée de la taille des villes, le nombre de villes supérieures dans le voisinage peut être calculé. Une représentation graphique du nombre moyen de villes supérieures dans un voisinage ou de celui du nombre moyen de villes de niveaux supérieurs dans voisinage en fonction du rayon de voisinage rend possible **l'analyse des voisinages hiérarchisés**.

Les graphiques associés aux proximités et aux voisinages hiérarchisés révèlent des régularités dans les distributions spatiales des tailles de villes à plusieurs ordres de proximité et rayons de voisinage.

L'application de ces mesures est réalisée sur le modèle des lieux centraux à 4 niveaux ($k=3$), en considérant les niveaux de villes comme la valeur des tailles et une condition de supériorité non stricte (supérieur ou égal au plus proche voisin précédent⁷⁹).

⁷⁹ *A priori* une petite ville dont le plus proche voisin supérieur d'ordre 1 est Paris, par exemple, n'a aucune raison de tisser un lien avec sa plus proche voisine supérieure d'ordre 300 située à 500 kilomètres et qui se trouve lui être supérieure de 10 habitants.

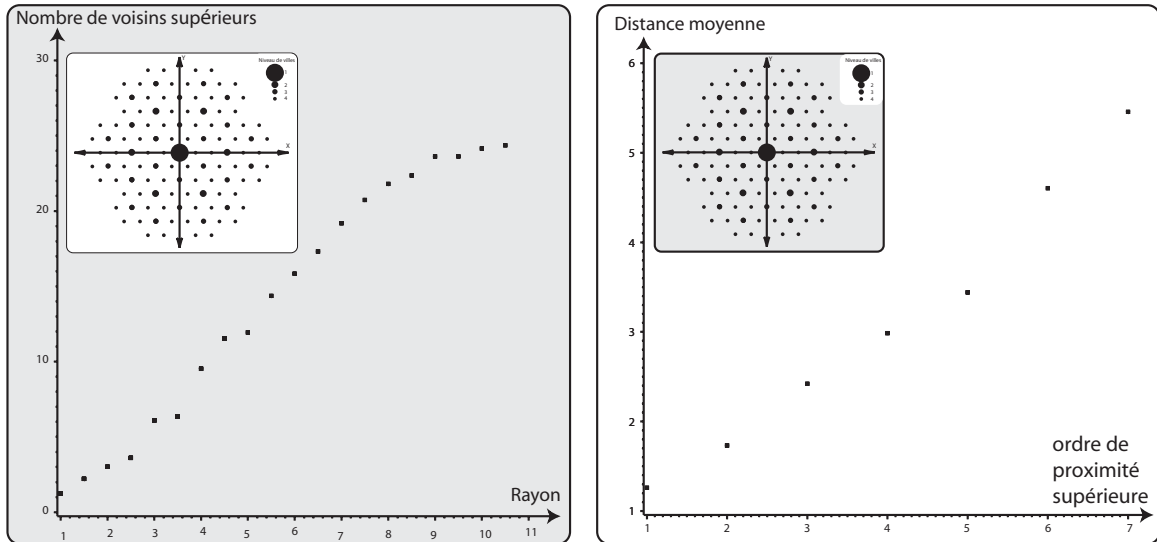


Figure 14: les mesures des voisinages et de proximités hiérarchisés dans le modèle des lieux centraux de W. Christaller à 4 niveaux ($k=3$)

La distribution spatiale régulière du modèle est très nettement reproduite dans l'analyse des voisinages supérieurs. Quatre paliers se distinguent dans les nombres de voisins supérieurs avec la croissance du rayon de voisinage. Ces paliers se situent aux nombres de voisins égaux à 3, 6, 9 et 12. Au-delà, les ruptures ne sont plus marquées.

Ces valeurs sont des multiples de $k = 3$ (principe de marché) qui imposent trois villes supérieures dans le plus proche voisinage pour toutes les villes de la distribution théorique. Les valeurs intermédiaires entre les seuils multiples de 3 correspondent aux effets de bords.

Cette régularité du modèle des lieux centraux se retrouve dans l'analyse des proximités par une relation qui suit une droite.

Pour conclure sur les espacements hiérarchisés, on peut évoquer la méthode empruntée à Chr. Voiron (1993) pour analyser les relations de voisinages entre plusieurs niveaux de villes⁸⁰. Cette méthode de voisinages hiérarchisés consiste à compter les nombres de villes de deux niveaux différents dans des voisinages croissants de villes d'un troisième niveau. Elle permet d'affiner les analyses grâce notamment au graphique de la relation associé (nombre de villes d'un niveau a en fonction de nombre de villes du niveau b) : les régularités de la courbe signale des régularités spatiales (Voiron Chr., 1993, pp. 89-90).

⁸⁰ En 1940, A. Lösch a, par ailleurs, proposé de mesurer les fréquences d'apparition de villes de même niveau selon les voisinages : c'est le nombre de voisin de même niveau dans un voisinage variable (cité par P. Haggett, 1965).

C.3.2.2. Les rapports de tailles « spatialisés » dans un système de villes

Des rapports de tailles sont mesurés en reprenant les méthodes de calculs des indices de macrocéphalie et primatie et en les augmentant d'une dimension spatiale. Dans ce paragraphe, nous présentons des mesures, qui permettent de calculer des rapports de tailles entre les villes tout en tenant compte de leurs espacements, soit par des voisinages, soit par des proximités⁸¹. Sans vraiment renseigner sur le type de distributions spatiales, ces rapports de tailles permettent cependant des comparaisons des hiérarchies spatialisées.

Avec le rapport des tailles entre une ville et sa plus proche voisine, on calcule le rapport moyen de taille entre deux villes plus proches voisines T_o . Les différences de tailles renseignent sur la proximité hiérarchisée d'ordre 1. Plus ce rapport est élevé, plus la différence de taille spatialisée est importante. Pour plus de significativité, la taille la plus élevée des deux villes est le numérateur (rapports ≥ 1 , $T_o \geq 1$).

En considérant le plus proche voisin supérieur, on calcule le rapport moyen des tailles entre une ville et sa plus proche voisine de taille supérieure, on calcule le rapport moyen de taille entre une ville et sa plus proche voisine supérieur T_{sup} .

Sur le même principe que le rapport précédent, on calcule le rapport moyen entre une ville et sa plus proche voisine de niveau supérieur T_{clsup} .

Enfin, un calcul plus précis sur ces les proximités hiérarchisées peut être réalisé à partir de T_{clsup} . Sur le même principe que la mesure des relations de voisinages hiérarchisés entre plusieurs niveaux, on peut mesurer les rapports de tailles, qu'on a appelé T_{clsup2} , qui mesure les rapports entre niveaux de villes pris deux à deux. Il permet de relever les régularités dans les proximités hiérarchisées, par des rapports de tailles qui croissent avec une certaine régularité plus on monte dans les niveaux.

C.3.2.3. Comparaison d'une distribution spatiale observée au modèle de W. Christaller

Pour compléter l'analyse des espacements hiérarchisées, ou des hiérarchies spatialisées, et observer les écarts entre une distribution spatiale observée des villes et une distribution théorique, la comparaison cartographique avec le modèle des lieux centraux (qui sert de référence) peut être effectuée. La méthode est celle proposée par Chr. Voiron

⁸¹ C'est ce type de mesure qu'a développé E.N. Thomas (1961) en mesurant les corrélations entre le logarithme de la distance et les tailles des villes (cité par P. Haggett, 1973, p. 125-126).

(1993, 1995). Elle consiste à reconstituer une armature urbaine théorique selon le modèle de W. Christaller dans l'espace occupée par l'ensemble de villes observée.

La mise en place de la grille théorique est déterminée par 3 paramètres que sont le rayon de l'hexagone, le nombre de niveau et le calage de la trame théorique sur l'espace observé.

Le rayon du plus petit hexagone r détermine les espacements entre toutes les villes (Figure 12, p.113). Pour déterminer le rayon de cet hexagone, plusieurs possibilités sont proposées. Les plus communes sont celles d'utiliser le nombre de villes et la surface de la maille pour calculer la distance moyenne entre les villes selon une répartition homogène D_h (cf. p.92) (Kaddouri L., 1997, 2000), ou, en l'absence de maille, le calcul de la distance moyenne observée au plus proche voisin D_o (Voiron Chr., 1993, 1995).

Après avoir calculé le rayon, le nombre de niveaux de villes peut être déterminé selon deux procédés. Soit le nombre de niveaux est égal à celui de la distribution spatiale observée. C'est la méthode utilisée dans les cas où il n'existe pas de surface d'étude. Dans le cas d'une analyse surfacique (maille régionale, par exemple), sachant que le nombre de niveau et le rayon fixent le nombre de villes et le diamètre de la grille, cette méthode ne permet pas avec certitude de remplir complètement la surface. Pour répondre à ce problème de remplissage, le nombre de niveau dépend de celui que peut contenir la surface étudiée (Kaddouri L., 1997).

Le dernier paramètre réside dans le calage de la grille théorique, qui dépend lui de deux logiques, exposée par Chr. Voiron (1993). La première consiste à déterminer deux points de la trame observée à partir desquels la trame théorique est centrée. En général, le choix se porte sur les villes du haut de la hiérarchie lorsque l'analyse des compositions autour d'une métropole est privilégiée. La seconde est de réaliser ce calage à partir de deux points dont les localisations sont déterminées par un tirage aléatoire. Cette option est préférable pour une « *étude globale du réseau, dont les résultats doivent être indépendants du positionnement de la trame* » (Voiron Chr., 1995).

L'apport visuel de cette technique est indéniable. A partir des deux distributions théorique et observée, la mesure des écarts peut se faire par l'ensemble des mesures de voisinages, de proximités, et de tailles ou niveaux de villes, proposées. Ces mesures conduisent, parfois avec un vocabulaire différent, aux mêmes résultats et interprétations que ceux proposés par Chr. Voiron (1993, 1995).

Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter les systèmes de villes, leurs fonctionnements et leurs propriétés.

Il a montré d'une part comment les arrangements spatiaux des villes et les types d'organisations hiérarchiques d'un système de villes structurent l'espace. Il a, d'autre part, montré l'importance des tailles de villes et de leur localisation dans la caractérisation des organisations hiérarchiques et des répartitions spatiales des villes. C'est à partir de toutes ces considérations que la mise en réseaux de villes peut s'effectuer.

C'est ce qui nous permet de dire que la régionalisation des territoires détermine des régions qui se définissent « *par un ensemble de relations entre ses composantes et non par le territoire sur lequel sa structure se réalise* » (Auriac Fr., 1983).

Dans un troisième temps, c'est par l'analyse « mathématique » qu'ont été appréhendées les structures spatiales d'un système villes (dépourvu de maillage). Par des mesures appliquées aux tailles des villes et aux distances qui les séparent, cette analyse de structure s'est faite par trois approches complémentaires :

- Pour les répartitions spatiales, les mesures de proximités et de voisinages dans un semis de villes constituent l'analyse structures spatiales.
- Dans le cas d'organisations hiérarchiques, l'analyse des distributions rang-taille et de l'indice de Gini révèle les structures spatiales.
- Enfin, dans les distributions spatiales, l'analyse des espacements hiérarchisés et des hiérarchies spatialisées renseigne sur les structures spatiales.

Des modèles de références de répartitions spatiales (aléatoire, treillis, agrégat), d'organisations hiérarchiques (polarisée, hiérarchisée, multipolaire) et de distribution spatiale (lieux centraux), auxquels ont été appliquées les mesures de l'analyse des structures ont été présentés. Ils permettront, par comparaison, de mieux caractériser les réseaux de villes créés par nos méthodes.

Chapitre 3.

Mises en réseau de villes sur la base de proximités, de voisinages et de hiérarchies urbaines

La représentation des interactions spatiales entre les villes se fait sur la base des connaissances théorique des fonctionnements et des propriétés des systèmes de villes. Ces connaissances sont introduites dans les contraintes de mises en réseaux pour reproduire théoriquement les interactions à l'intérieur du système étudié. Bien que des invariances existent dans les propriétés des systèmes de villes, tous ne fonctionnent pas de la même manière. Pour tenir compte à la fois des propriétés et des fonctionnements des systèmes de villes, et des caractéristiques particulières du système étudié :

- nous introduisons les critères qui résument certaines propriétés et caractéristiques des systèmes de villes : **la taille des villes** (pour reproduire le degré de hiérarchisation du système) et leur **localisation** (pour la mesure des distances entre les villes) ;
- nous posons des **principes hiérarchiques, des principes de proximités et de voisinages** à partir d'hypothèses de fonctionnement des systèmes ;
- les **spécificités du système étudié** sont prises en compte par l'introduction des tailles et des localisations des villes du système.

Les mises en relations entre les villes peuvent alors être proposées dans le but d'élaborer des « régionalisations » des territoires ou d'analyser les structures spatiales de villes en réseaux. Selon les méthodes utilisées et les structures spatiales résultantes, certains des regroupements pourront servir pour la gestion de territoire ou encore de base à des *Réseaux de villes*.

Les méthodes de mises en réseaux que nous proposons reposent sur le sens que nous allons donner aux réseaux générés par les contraintes imposées pour les mettre en place. Ce sens est relatif aux caractéristiques, propriétés et fonctions des villes et des systèmes de villes (cf. chapitre 2, p.59) qui sont introduits sous formes de contraintes

d'espacement entre les villes et de rapports de tailles entre les villes dans les hypothèses de relations inter-urbaines.

Nous proposons alors de créer des liens entre les villes en tenant compte des proximités, des voisinages, des tailles de villes, des niveaux de villes en distinguant les méthodes qui utilisent les espacements (proximité ou voisinage) puis celles qui intègrent aux contraintes d'espacement des contraintes de tailles de villes (Figure 15, p.122).

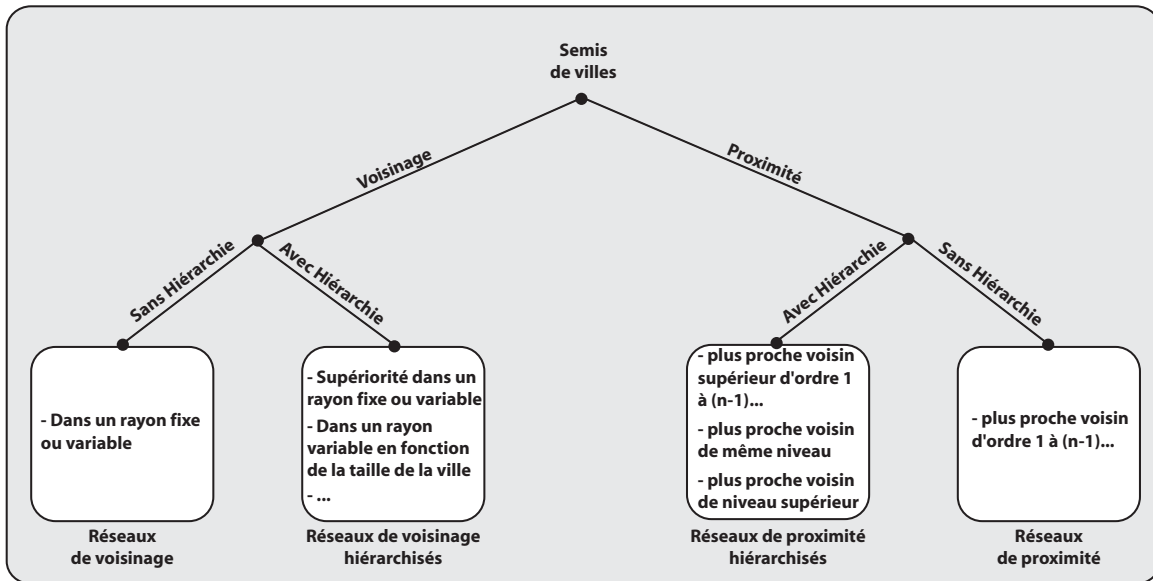


Figure 15 : les mises en réseaux de villes et leurs contraintes

De ces méthodes naissent des réseaux de proximité ou de voisinage, hiérarchisés ou non, qui sont les représentations cartographiques des relations de proximités, de voisinages et de hiérarchie entre les villes observées dans les mesures et les graphiques des différentes structures spatiales (cf. p.84).

L'objectif est d'aboutir à une représentation théorique des interactions spatiales entre les villes montrant :

- des emboîtements de niveaux de systèmes de villes de types hiérarchies administratives (pour la régionalisation) ;
- des emboîtements de niveaux de systèmes de villes de types hiérarchies de « principe de marché » (pour l'analyse de l'organisation spatiale).

Certaines représentations construisent des réseaux disjoints, d'autres forment un réseau unique avec l'ensemble des villes du semis. Aussi, sur certaines⁸² de ces relations spatialisées, nous appliquons des méthodes qui déterminent des regroupements de villes disjoints, permettant une régionalisation des territoires.

L'analyse des répartitions spatiales, des organisations hiérarchiques et des distributions spatiales de ces nouveaux regroupements de villes, utilisant toutes les mesures et graphiques exposés précédemment, permettra de caractériser les structures urbaines des réseaux de villes créés. Cette analyse ne pouvant être effectuée que sur un cas observé, elle est reportée au premier cas d'étude développé dans la seconde partie de ce travail : le semis des villes européennes.

À la différence de ce que propose A. Getis et B. Boots (1978), nos méthodes ne reposent pas sur des contraintes de chemins ou de circuits dans le graphe généré entre les villes (cf. p.130), de minimisation de parcours entre les villes en prenant l'ensemble des villes, ou de « *lines disjoint* » (Figure 16, p.124). Bien que certaines des méthodes proposées adoptent des procédés générant des liens de manière séquentielle (les lignes sont créées une par une) ou simultanée (toutes les lignes sont créées en même temps), elles réalisent toujours des jonctions entre les points (donc font partie des « *lines joint* », Figure 16, p.124⁸³).

⁸² La complexité de certains graphes ne permet pas de conduire à des régionalisations.

⁸³ Celle qui conduisent à ces « *lines disjoint* » sont intéressantes dans une perspective de maillage : ce sont par exemple les tessellations de Dirichlet (Dirichlet G.L., 1850) dite également de Voronoï (Voronoi G., 1907a, 1907b). Voir les applications de C Voiron (1993) et de J.-F. Hangoüet (1998).

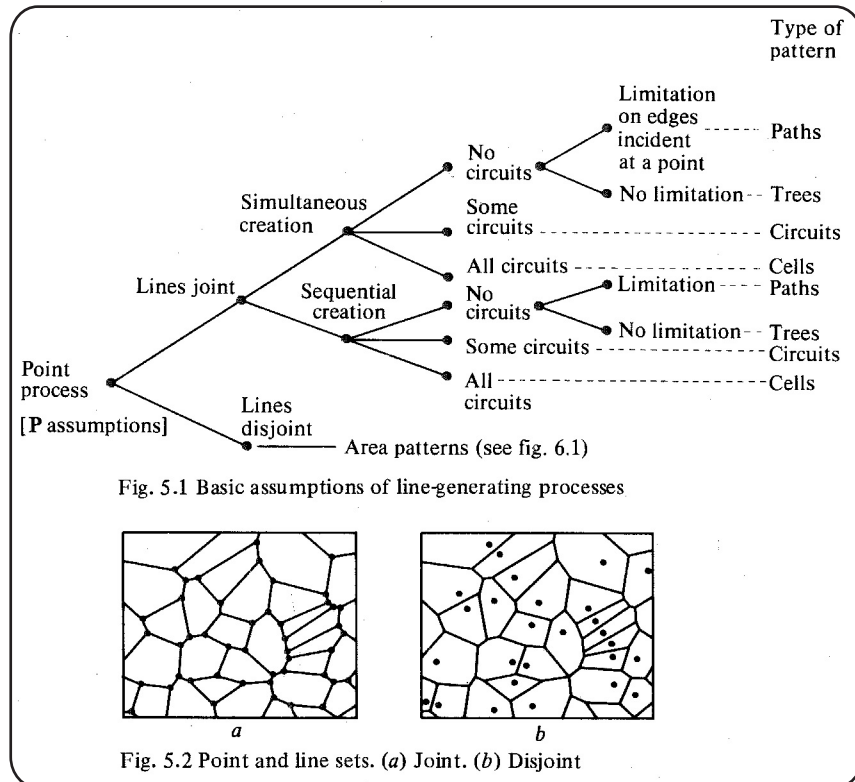


Figure 16 : Basic assumption of line generating processes – Point and line sets (a) Joint. (b) Disjoint (d'après Getis A., Boots B., 1978, p.87)

Ce chapitre est construit en quatre parties. Les trois premières sont guidées par une logique concernant l'introduction de valeurs sur les points et les lignes.

Le premier sous-chapitre (« *Réseaux de villes et théorie des graphes* », p.125) est une introduction au formalisme de la théorie des graphes et son utilisation dans la modélisation des réseaux de villes, dans laquelle les points et les lignes n'ont aucun attribut. Dans le deuxième sous-chapitre (« *Des réseaux de villes de proximité et de voisinage* », p.136), des liens entre les villes sont créés en ne tenant compte que des espacements entre les villes ; l'unique valeur introduite pour créer les graphes est celle de la ligne (valuation des arcs). Dans le troisième sous-chapitre (« *Des réseaux de villes à hiérarchies* », p.145), les jonctions entre les villes se font en tenant compte des tailles des villes (pondérations sur les points) et des distances entre ces villes (valuations des arcs). Nous passons alors du nuage de points (semis de villes) au réseau de points avec des lignes (villes et relations) jusqu'au réseau de points pondérés par la taille des villes et de lignes valuées par la distance entre les villes.

Enfin, dans un dernier sous-chapitre (« *La régionalisation des territoires : regroupements des villes* », p.162), nous présentons des méthodes de régionalisation sur les graphes représentant les réseaux de villes créés.

A. Réseaux de villes et théorie des graphes

Certaines formes reconnaissables de réseaux et de treillages permettent de mieux connaître ou caractériser les organisations spatiales. C'est par exemple, la forme d'un réseau routier en flocon de neige qui signifie qu'il n'y a pas de communication directe entre les villes, que toutes les communications passent nécessairement par une ville centrale⁸⁴. Un treillage unidirectionnel renseigne sur l'existence d'un sens particulier dans les réseaux dénotant une organisation dans laquelle les relations sont toutes orientées vers une seule ville, un seul lieu, une seule portion du territoire, une seule maille (Brunet R., 1992).

Pour mesurer les degrés de centralités d'une ville, le niveau de connexité dans un réseau, les positions relatives des villes dans un réseau routier, et bien d'autres caractéristiques, l'emploi de la théorie des graphes est très utile. Elle offre un formalisme mathématique puissant permettant de nombreuses applications, et notamment celle de mesurer des « formes » de réseaux pour la comparaison de types d'organisations spatiales. Ce formalisme peut être employé dès lors qu'il existe des éléments en relation, d'où son universalité et son emploi dans tous les champs de modélisation de réseaux.

La multiplicité des réseaux urbains, leurs formes et leurs intensités peuvent être modélisées à partir de cette théorie. Dans les cas des mises en réseaux proposées, les représentations graphiques élaborées par les méthodes peuvent être modélisées et formalisées sous la forme de graphes, avec des sommets (les villes) et leurs relations. Bien que leurs utilisations restent relativement limitées dans ce travail, certaines notions sont incontournables dans les analyses de réseaux. Nous présentons dans ce sous-chapitre les fondements de cette théorie ainsi qu'une partie de celle-ci consacrée à des représentations particulières de graphes que sont les arbres.

A.1. Les graphes et les arbres

La théorie des graphes suppose un espace discret dans lequel des éléments, les sommets, sont en relations. Bien que cette théorie s'intéresse plus aux relations qu'aux

⁸⁴ Dans le sens dominant.

éléments, certaines mesures permettent cependant d'apporter des connaissances complémentaires sur ces éléments en matière de positions relatives des uns par rapport aux autres. Nous débutons par une présentation succincte de la définition d'un graphe, pour exposer le vocabulaire propre aux caractéristiques des graphes, sur les relations et sur les éléments, pour donner enfin quelques exemples de son utilité dans la modélisation des réseaux de villes.

A.1.1. Les graphes

Pour l'ensemble des définitions sur les graphes, nous avons repris les développements contenus dans les ouvrages de C. Berge (1966) et de A. Kaufmann (1968).

Selon la notation de C. Berge (1966), est appelé **un graphe G**, tout schéma situé constitué :

- d'une part, d'un ensemble X de points appelés sommets du graphe (on suppose, en général, que le nombre de sommets, appelé ordre du graphe, est fini);
- d'autre part, d'un ensemble U de lignes, munies ou non d'orientations, reliant chacune deux sommets (distincts ou non), et eux deux seulement ; chacune de ces lignes est entièrement définie par le couple ou la paire (X_i, X_j) de sommets qu'elle relie ; dans le cas où la ligne ne porte aucun sens d'orientation, elle s'appelle une arête, sinon c'est un arc.

On écrit alors : $G=(X,U)$.

Un tel graphe, en tant que schéma sagittal (Figure 17, p.129), apparaît donc comme une figure simplifiée visant à représenter non la forme, mais les relations ou le fonctionnement des objets symbolisés par X . Conformément à cette conception du schéma, G peut toujours être regardé comme une représentation graphique d'une relation binaire R - présence d'une ligne - de X à X , U représentant précisément l'ensemble des couples de X^2 pour lesquels R est vérifiée.

Il est possible de créer une **matrice booléenne** du graphe, tableau carré à double entrées dont les lignes et les colonnes se réfèrent chacune à un sommet, et les cases portent soit un 1, soit un 0 selon qu'il existe ou pas des arcs (des arêtes) ayant pour extrémités initiale et terminale les sommets servant respectivement de référence à la ligne et à la colonne de la case considérée. Le rangement des sommets doit être le même dans

les références des lignes et dans celles des colonnes afin que les cases de la diagonale principale du tableau soient relatives aux arêtes dont les extrémités initiale et terminale coïncident (arêtes appelées boucles). C'est la matrice de relation ou de connexité. Cette matrice est un outil de représentation et de traitement. Elle représente la structure du graphe.

À partir de cette matrice, de nombreux traitements peuvent être réalisés comme la recherche du plus court chemin entre deux sommets du graphe.

La distance entre deux sommets d'un graphe est mesurée par l'**écart** entre ces deux sommets, longueur du plus court chemin entre les sommets le long du graphe.

La recherche des écarts pour l'ensemble des paires de sommets conduit à la création (souvent nécessaire) d'une **matrice d'accessibilité** dont les cases portent le nombre des arcs (d'arêtes) ayant, en empruntant le plus court chemin, pour extrémités initiale et terminale les sommets servant respectivement de référence à la ligne et à la colonne. Dans le cas de graphe non orienté, cette matrice est nécessairement symétrique (par rapport à la diagonale principale).

Lorsque le graphe est situé dans l'espace, il appartient à R^n (n étant le plus souvent égal à 2) et l'ensemble des sommets X se situe dans R^n .

Propriété, caractéristique, indice	Définition
Vocabulaire graphe non orienté	
Chaîne	Chaîne, de x à y, d'un graphe, une séquence d'arêtes d'extrémité initiale x et d'extrémité terminale y.
Cycle	Une chaîne fermée
Vocabulaire graphe orienté (O)	
Chemin	Une séquence d'arcs telle que l'extrémité terminale de chaque arc de la séquence correspond à l'extrémité initiale du suivant
Circuit	Chemin fini dans lequel le sommet initial coïncide avec le sommet terminal
Successeur	Sommet suivant dans le chemin
Prédécesseur	Sommet précédant dans le chemin
Propriétés du graphe	
Graphe connexe	Si entre toutes paires, il existe une chaîne
Graphe non connexe	S'il se décompose en « composantes connexes »
Graphe fortement connexe (O)	S'il existe au moins un chemin de tout sommet à tout autre
Graphe complet	Lorsque tous les sommets sont en relation directe
Graphe partiel	Graphe auquel on supprime un ou plusieurs arcs
Sous-graphes d'un graphe	Si on enlève des sommets et tous les arcs qui leurs sont associés (extrémités finale ou initiale)
Une Clique	Un sous-graphe complet du graphe
Graphe planaire	S'il peut être représenté sur un dessin de sorte que les arêtes forment des lignes qui ne se croisent pas
Indices nodaux	
Degré d'un sommet, indice de Nodalité	Nombre d'arêtes qui ont leurs extrémités en ce sommet
Degré intérieur (O)	Nombre d'arcs entrant d'un sommet
Degré extérieur (O)	Nombre d'arcs sortant d'un sommet
Indices globaux	
Ecart	Distance qui sépare deux sommets
Ordre d'un graphe	Nombre de sommets du graphe
Diamètre	Longueur du plus court chemin entre les sommets les plus distants
Degré de connectivité du graphe	Nombre d'arêtes observé / Nombre d'arêtes maximum possible

Tableau 5 : vocabulaire de base de la théorie des graphes : propriétés, caractéristiques et indices⁸⁵

Le Tableau 5 (p.128) présente quelques notions et le vocabulaire de base associés aux graphes. La forme, dite parfois « morphologie », d'un graphe est donnée par les positions relatives des sommets et arcs (ou arêtes). Bien qu'il n'existe pas un indice unique appartenant à cette théorie qui permette de qualifier les réseaux (Beguin H., Thomas I., 1997), l'association de certains indices nodaux et globaux permet de mesurer, de qualifier, à quelques incertitudes près (Beguin, Thomas, 1997), les degrés de centralité, de connexité, de connectivité... des graphes et de comparer entre eux les réseaux qu'ils représentent. Nous reviendrons sur les indices plus loin (cf. p.132).

⁸⁵ Élaborée à partir des ouvrages d'A. Kaufmann (1968), C. Berge (1966, 1983), O. ORE (1970) et de l'article de K. Kansky (1963).

Les multiples modélisations rendues possibles par les graphes au sens de C. Berge (1966) et leurs limites dans les représentativités de certains réseaux ont conduit, par extension de cette définition, à l'introduction des pondérations, poids ou valeurs attribués aux sommets, ou/et des valuations, valeurs attribuées aux arcs ou arêtes. Lorsque dans un graphe, les sommets sont différenciés par une valeur (par exemple, leur taille), il est appelé **graphe pondéré**. La valeur est parfois représentée par la taille du sommet. De la même manière, lorsque les arcs ou arêtes portent un attribut mesuré (par exemple, la valeur de la distance qui les sépare ou un flux), le **graphe est valué**. Cette valeur est parfois représentée par l'épaisseur de la ligne. Enfin, lorsque les sommets et les arcs ou arêtes ont une valeur, le **graphe est valué et pondéré**. Dans les graphes valués (pondérés ou non), la distance entre deux sommets est égale à la somme des valeurs associées aux arcs qui composent le chemin entre les deux sommets. La matrice d'accessibilité se définit alors de la même manière que pour un graphe. Le graphe représente alors la partie structurelle (le squelette), l'ajout des valuations et pondérations introduit simplement de l'attributaire dans cette structure.

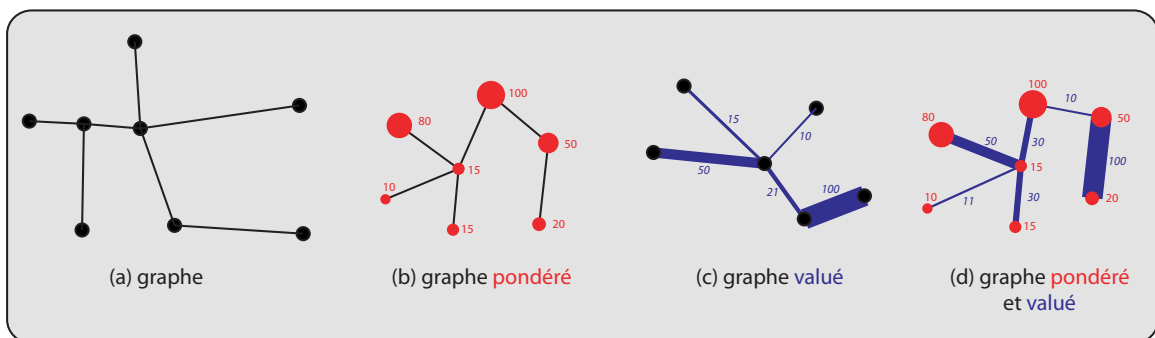


Figure 17 : graphe, graphe valué, graphe pondéré, graphe valué et pondéré

Enfin, terminons par une variante de graphes dont les représentations sont bien adaptées à la multiplicité des relations entre les villes (Berge C., 1966), les ***p*-graphes**, pour lesquels, pour une même paire de sommets peuvent correspondre plusieurs arcs (arêtes) distincts (dans la même direction) dont le nombre est toujours inférieur ou égal à p (p est un entier) (Berge C., 1987) (Figure 18, p.130). Par conséquent, tout graphe est un 1-graphe. La matrice des relations est dans le cas des p -graphes de dimensions p , avec une dimension par relation binaire (1-graphe ; 2-graphe ; 5-graphe ; ...). Ces p -graphes, dans lesquels chaque arc représente une relation binaire entre les sommets, ne sont pas considérés comme des graphes au sens de C. Berge (1966).

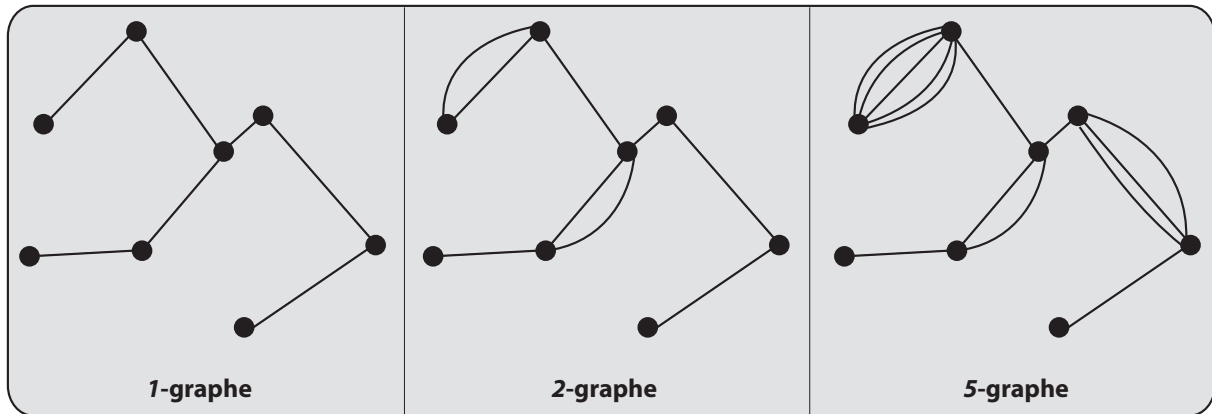


Figure 18 : des exemples de p-graphes

A.1.2. Les arbres

Dans l'ensemble des formes trouvées dans les graphes, se distinguent des structures particulières appelées arbre ou arborescence. Parmi les différentes déclinaisons de cette notion, nous développons celle qui considère un arbre comme un graphe orienté.

Un **arbre** (ou arborescence) se définit alors comme un graphe connexe sans circuit, ce qui implique, en adoptant une orientation descendante :

- qu'il n'existe qu'un et un seul sommet où il n'arrive aucun arc, ce sommet est appelé « racine » ;
- que de tous les autres sommets, il arrive un et un seul arc ;

Ceci implique que deux sommets quelconques sont toujours reliés par un chemin et un seul, et que le nombre d'arcs ou d'arêtes d'un arbre contenant n sommets est égal à $(n-1)$.

Cette définition correspond à celle d'un **arbre planté** (Barthélémy J.-P., Guénoche A., 1988), qui possède une racine. Un arbre, dans son acception générale, correspond à un graphe non orienté, donc sans racine.

Une « **feuille** » ou « sommet pendant » est définie comme tout sommet qui ne possède pas de descendant, qui n'est suivi d'aucun autre dans l'arborescence (Kaufmann A., 1968). En employant une terminologie botanique, puisqu'il n'existe pas de circuit dans les arbres, toute chaîne d'un arbre peut être appelée « **branches** » (ORE O., 1970). Un ensemble d'arbres forment alors une forêt (Figure 19, ci-dessous).

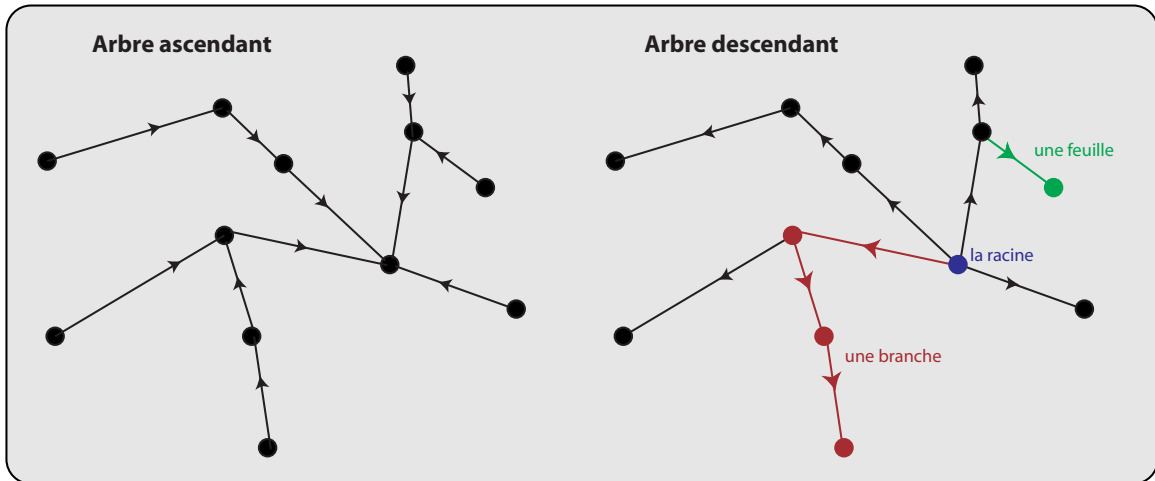


Figure 19 : arbre descendant, arbre ascendant

Enfin, en utilisant la définition des **arbres plantés** par le couple (H, r) , avec H un arbre et r la racine, on définit dans cet arbre une **relation d'ordre** $\leq$ sur l'ensemble des sommets de l'arbre. La relation d'ordre est définie par : « soit s et s' deux sommets de H , $s \leq s'$ si et seulement si s' est sur le chemin entre s et r ». Les feuilles sont alors les plus petits éléments de cet ordre et r le plus grand.

Lorsque $s \leq s'$, s est dit le **fil** ou **successeur** de s' , et s' est le **père** ou **prédécesseur** de s . Deux sommets ayant même père sont par conséquent des **frères**.

Les arbres, comme les graphes, peuvent être valués et pondérés.

Tout réseau qui possède un unique point d'origine (ou d'arrivée) considéré comme la racine, un sens dans les relations (ascendant et descendant), et dans lequel il ne peut y avoir qu'une seule relation entre deux sommets, possède une structure d'arbre. Les exemples sont extrêmement nombreux où ces caractéristiques d'arbre sont respectées. Le plus classique est le graphe que construit la hiérarchie d'un fleuve et de ses affluents. Dans tous ces cas de relations hiérarchiques entre éléments localisables dans l'espace, la représentation de l'arbre sous la forme d'un graphe a-spatial dans son « *tracé hiérarchique* » (Barthélémy J.-P., Guénoche A., 1988) peut être accompagnée d'une représentation cartographique spatiale (Figure 20, p.132).

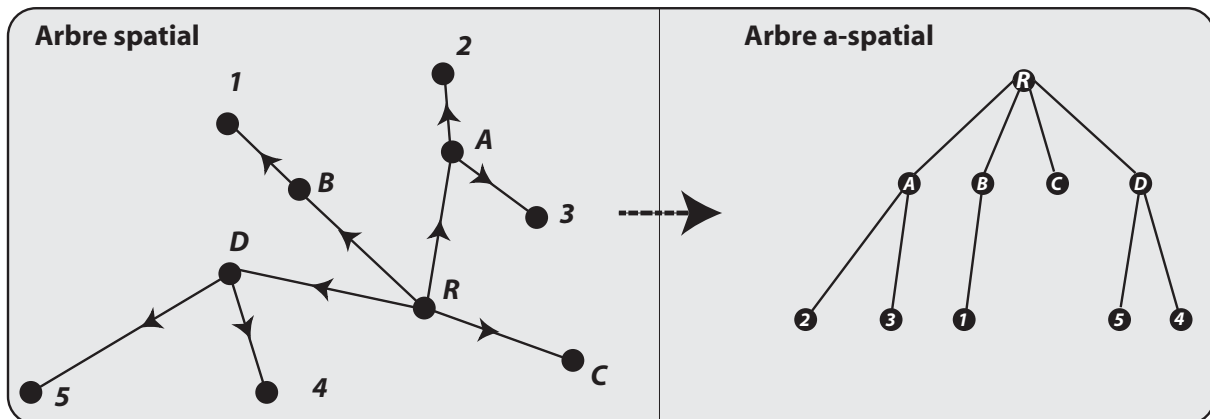


Figure 20 : représentation spatiale et a-spatiale d'un arbre

L'arbre et ses représentations, la notion d'ordre, et l'analogie avec les arbres généalogiques (Barthélémy J.-P., Guénoche A., 1988) et la terminologie botanique, sont très intéressants dans la perspective de l'analyse des hiérarchies urbaines.

A.2. Analyse des réseaux de villes par l'analyse des graphes et des arbres

Cette théorie des graphes permet bien des applications en géographie puisqu'elle offre d'une part une représentation convenable des relations, et d'autre part, des analyses avec l'aide de différentes matrices associées. Il est possible de se contenter des représentations ou des analyses, mais utiliser le potentiel des deux a conduit à donner à cette théorie une place prépondérante dans l'analyse des réseaux en géographie. Aussi les premières définitions posées suffisent à comprendre les atouts de cette théorie en matière de modélisations de réseaux dont la géographie fut pionnière « *pour rendre compte de la structure des réseaux d'échange et de celle des points nœuds qu'elle décrit* » (P. Claval, 1966, p.145). La théorie et le graphe, sous sa forme sagittale, présentent le plus d'intérêt pour éclaircir et comparer les systèmes en général, les systèmes de villes en particulier (Amar G., Stathopoulos N., 1987), par la modélisation des relations (lignes, arcs, arêtes) entre les villes (points, sommets, nœuds). Le graphe est une bonne représentation de la « réticularité » des territoires et sous cette forme sagittale « ... on peut disposer d'une

représentation dans le plan [...] de leurs relations [hiérarchiques] de voisinage»⁸⁶ (Largeron C., Auray J.-P., 1998, p.59). Dans les relations créées, le graphe rendra compte des orientations des relations, leur sens et direction, et des formes qu'elles génèrent.

Dans le cadre de ce travail, l'utilisation de cette théorie reste, cependant, relativement restreint. Le graphe sera pour nous un moyen de représentation des relations inter-urbaines générées. Cet ensemble de relations est alors traité par le graphe représentatif, et les matrices associées, qui « *à l'aide des concepts de connexités [permettra d'] éclater la population en sous-groupes présentant une certaine cohésion, ou encore rechercher des éléments jouant un rôle privilégié dans les relations entre ces sous-groupes* » (Largeron C., Auray J.-P., 1998, p.60). Nous nous consacrons tout particulièrement à l'analyse des formes des graphes obtenus, en particulier celles des arbres, qui traduisent les formes d'organisations hiérarchiques des réseaux de villes.

À partir des graphes, il existe une longue liste d'indices qui permet d'exprimer « *la centralité, la connexité (la continuité du réseau), la connectivité (le maillage plus ou moins complet), la nodalité (les relations plus ou moins nombreuses et directes entre chaque point et tous les autres)* » (Beguin H., Thomas I., 1996) (Figure 21, p.134). Ces indices, proposés et testés par des auteurs comme Kansky K. (1963, 1989), Haggett P. (1965), Taylor (1977), Berge (1983) sont pour la plupart aisément mesurables. Retenons parmi cette liste ceux qui renseignent sur la connexité et la connectivité des graphes : les indices nodaux tels que l'indice de nodalité ou degré du sommet, le demi-degré intérieur et le demi-degré extérieur, et les indices globaux tels que l'ordre du graphe et le degré de connectivité du graphe (Tableau 5, p.128).

Des caractéristiques de graphes, telles que l'existence de chemins, de cycles, ou de chaînes, certaines formes circulaires, peuvent être mises en avant pour l'analyse des formes et types d'organisations spatiales. Encore que l'homogénéité dans un graphe définie par certaines formes circulaires (circuits, cycles) qui minimisent les distances entre les villes (Reymond H., 1981) ne se vérifie pas toujours dans les formes représentatives de la complémentarité entre communes dans les relations de services, de commerces (Bonnefoy J.-L., 1996), par exemple.

⁸⁶ L'adjectif hiérarchique a été ajouté à la citation.

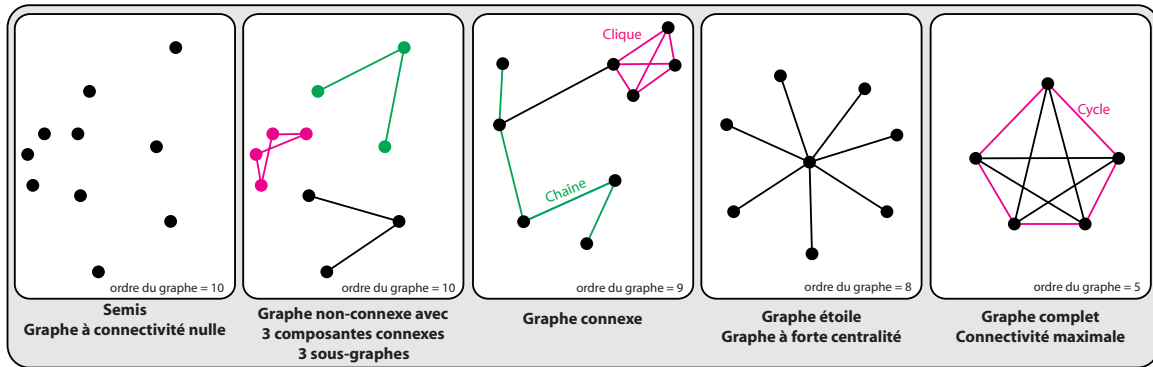


Figure 21 : formes remarquables de graphes

Quels que soient les indices mesurés, aucun d'entre eux ne permet cependant de caractériser avec précision la topologie d'un réseau. En effet, il est aisé de trouver des indices égaux qui caractérisent cependant des réseaux différents (Beguin H., Thomas I., 1997). Pour cette raison, nous associons systématiquement aux mesures des indices, une analyse visuelle des caractéristiques structurelles des réseaux générés à partir de la représentation graphique. En particulier dans le cadre de graphes valués, l'analyse des graphes rend compte des répartitions et des liens spatiaux de proximités et de voisinage, du degré de connexité, de leur nombre de relations et leur densité.

Les arbres présentent un intérêt supplémentaire parce que les éléments sont comparables par la relation d'ordre. En effet, tous les réseaux dans lesquels il y a de la hiérarchie, des supériorités peuvent être modélisés par un arbre. Dans le cas des réseaux de villes, cette relation d'ordre peut traduire la supériorité d'une ville sur une autre par la taille, les fonctions, par sa position dans la hiérarchie urbaine (qu'il y ait ou non subordination). Les sens des arcs, dans l'arbre, permettent d'orienter les relations de supériorité dans les hiérarchies urbaines, le sens des relations de dominé-dominant, des relations « père-fils ».

Les sommets peuvent être comparés par rapport au nombre de leurs prédécesseurs ou leurs successeurs le long d'un chemin ; ce qui permet de définir des niveaux de sommets dans les arbres. Les niveaux peuvent aussi être définis par rapport aux pondérations des sommets dans les graphes pondérés. La structure dans un arbre est, par définition, hiérarchique mais sa forme apporte des renseignements sur le type de cette organisation hiérarchique. Ces informations sont rendues accessibles par l'analyse des descendance autour de n'importe quel sommet, quelle ville ou lieu central de l'arbre.

Ainsi, en considérant n niveaux de sommets, la racine représentant le premier niveau (n_1), différentes formes d'arbres correspondant à différentes formes de relations hiérarchiques peuvent être représentées (dans les exemples ci-dessous le nombre de niveau est fixé à 4).

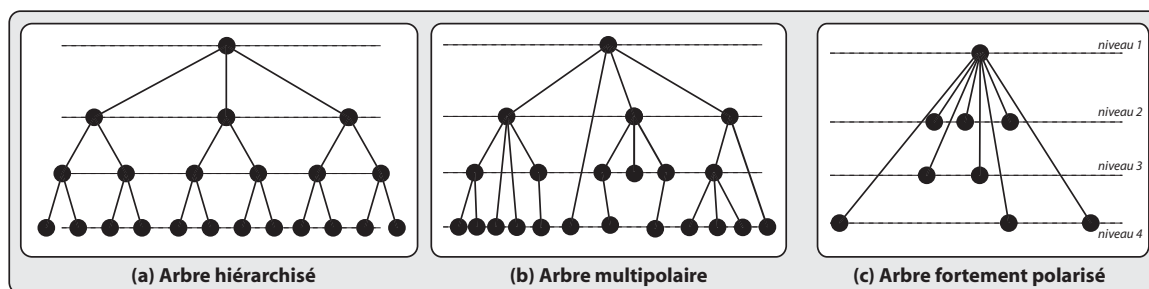


Figure 22 : types d'arbre hiérarchique

Un **arbre** est **homogène** ou **hiérarchisé** lorsque tout sommet de niveau n_i possède un et un seul lien avec une ville de niveau (n_{i-1}) , sauf la racine. Ainsi toutes les branches d'un niveau (n_i) ont pour même longueur $(n - (n_i - 1))$, et sont constituées d'un élément de chaque niveau. Par conséquent toutes les feuilles se situent au niveau le plus bas de la hiérarchie (n_n) (Figure 22 (a), p.135). Cet arbre est caractéristique des relations hiérarchiques dans un réseau de villes hiérarchisé du type de l'organisation administrative : préfecture, sous-préfecture, chef-lieu... . Un **arbre** est dit **centralisé**, ou **étoile** (Barthélémy J.-P., Guénoche A., 1988), lorsque la racine concentre tous les liens (degré de la racine est $n-1$) ; par conséquent toute branche est aussi une feuille et, ce quel que soit le niveau de la ville en relation avec la racine (Figure 22 (c), p.135). Ce type d'arbre est caractéristique des réseaux de villes fortement polarisés. La **multipolarité** (b) se traduit soit par une forêt, plusieurs arbres, soit par un arbre dont deux niveaux successifs dans la hiérarchie se partagent des relations. Ces arbres types montrent l'intérêt d'une telle représentation pour pouvoir identifier des structures de relations aux différents niveaux de la hiérarchie « *à partir desquels on peut définir des sous-systèmes emboîtés* » (Pumain D., 1996⁸⁷) (cf. p.146).

L'arbre étant un graphe particulier, l'ensemble des indices peut être mesuré (degré, longueur...). Nous n'entrerons pas dans le formalisme des mesures mais considérerons simplement que la forme nous renseigne sur des centralités qui seront imposées dans les contraintes pour générer les graphes.

⁸⁷ Encyclopédie électronique *Hypergé*o.

B. Des réseaux de villes de proximité et de voisinage

Nous proposons dans ce sous-chapitre de générer des liens entre les villes. L'espace est couvert par des villes (des points) localisées formant un semis. En ne considérant ici que les positions relatives des villes, « *ce sont les arrangements spatiaux qui nous importent* » (Voiron Chr., 1995).

Les mises en réseaux de villes qui peuvent être proposées sont aussi nombreuses que le nombre de personnes qui s'attachent à mettre en réseau les villes. Nous nous contentons de mettre en réseaux les villes uniquement sur les notions de proximité et de voisinage. Les méthodes reprennent les grandes lois de l'espace et des organisations spatiales exposées dans les propriétés et caractéristiques des systèmes de villes et se servent de la théorie des graphes comme outil de formalisation des réseaux générés. La liste des méthodes présentées, tenant compte de contraintes d'espacement entre les villes pour les relier, n'est pas du tout exhaustive et ce n'est pas son but.

Nous proposons de définir autour des notions développées dans les mesures d'espacement deux catégories de réseaux : les réseaux de proximité et les réseaux de voisinage. Les hypothèses pour ces méthodes consistent à penser que les villes entretiennent des relations privilégiées avec celles qui leurs sont les plus proches. La recherche de la ville proche varie selon que l'espacement est considéré par la proximité ou le voisinage (Figure 23, p.137).

Ces méthodes privilégient la position relative, donc la centralité des villes qui est donnée par leur position dans un réseau de voisinage ou de proximité. Les villes sont alors centrales parce « *qu'elles se trouvent à la croisée de plusieurs extensions urbaines* » (Voiron Chr., 1995). Les réseaux de villes créés mettent donc en avant les villes les plus centrales, les densités régionales ou locales d'un semis de villes lorsque celui-ci semble composé de plusieurs agrégats.

Ces méthodes proposent de mettre en réseau les villes à la manière d'A. Pred (1971) (Figure 28, p.148) pour donner une schématisation par le graphe des relations de proximités et de voisinages (de la distance), les analyser et proposer à partir de ces réseaux de villes des régionalisations. Il ne s'agit nullement de tenter de représenter une quelconque nature de relations observées entre les villes en matérialisant des liens, car il aurait été plus facile de représenter directement ces relations observées plutôt que de les générer.

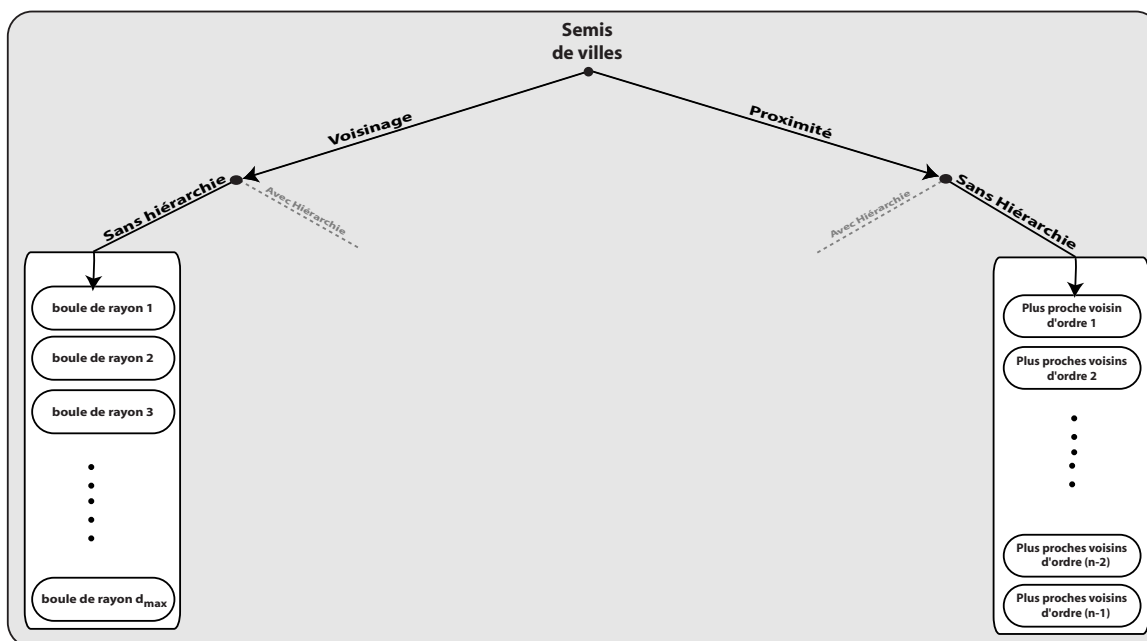


Figure 23 : les méthodes de mises en réseaux de villes selon les proximités et les voisinages

Or, quelles que soient les contraintes imposées, les méthodes de mises en réseaux de villes selon les proximités et les voisinages génèrent des graphes et permettent toujours des régionalisations autour des composantes connexes (le graphe ou les sous-graphes, si le graphe est non-connexe), donc de définir des limites territoriales nettes, sans enclave, ni discontinuité.

Les méthodes qui définissent les réseaux de proximités sont appelées « plus proches voisins » alors que celles qui définissent les réseaux de voisinages sont appelées « les boules ». Elles génèrent les représentations des relations d'espace qui sont utilisées pour typer les répartitions spatiales (cf. p.93).

Les graphes construits prennent ici une dimension supplémentaire avec la valuation des lignes par les distances entre les sommets, entre les villes. Ils sont non-orientés dans les représentations sagittales mais pas dans la construction du graphe, dans les recherches de voisinages ou de proximités à partir d'un sommet. Nous considérons qu'entre les villes, il s'agit de représenter graphiquement des interrelations, « des interactions ». Alors que dans l'ensemble des traitements et mesures, le graphe est considéré orienté lorsque cela est nécessaire et indispensable.

Enfin, rappelons que le terme de **regroupement** est utilisé lorsqu'il s'agira de l'action qui constitue des sous-réseaux disjoints par des méthodes de partitions de graphes (cf. p.162) et celui de **mises en réseaux** lorsque sont appliquées les méthodes qui génèrent des liens entre les villes.

B.1. Des réseaux de villes de proximité

La mesure de la proximité permet de mieux comprendre les espacements dans des semis de points. C'est en utilisant l'ensemble des distances entre les villes que l'analyse des proximités par les graphiques exposée par ailleurs est réalisable (cf. p.93). De nombreuses analyses proposent de mesurer les distances entre les villes et de n'en conserver qu'une partie. C'est la distance la plus petite à partir d'une ville vers une seconde qui sert de base à l'analyse de la statistique R par exemple. Ce sont les 6 plus petites distances qui permettent de comparer les voisinages, les densités, autour des villes pour M.F. Dacey (1962). Les méthodes utilisées dans toutes ces analyses sont celles qui ont trait à la recherche des « *plus proches voisins* ». Nous allons générer des liens entre les villes en reprenant ces méthodes de mesures de proximités et de « plus proches voisinages », comme cela a déjà été réalisé par le passé (Thomas E.N., 1961⁸⁸ ; Norcliffe, 1967 ; Taylor P.J., 1977).

Il faut souligner que la méthode dite « *des plus proches voisins* » n'est pas au sens mathématique, du voisinage. Il s'agit en réalité d'une mesure de proximité (Lamure M., 1998). C'est mesurer les distances entre les villes, puis pour chacune d'elles, ordonner ces distances qui les séparent des autres villes pour permettre la comparaison. Lorsque la méthode correspond au plus proche voisin, ou « *plus proche voisin d'ordre 1* », seule la ville la plus proche est conservée, et le lien entre ces deux villes retenu. Lorsque la méthode est celle des « *plus proches voisins d'ordre 2* », les deux villes les moins distantes sont conservées et les deux liens vers ces deux villes sont construits, et ainsi de suite jusqu'à la méthode des « *plus proches voisins d'ordre (n-1)* » pour laquelle tous les liens à partir de toutes les villes vers tous les autres sont générés.

Utiliser la méthode des plus proches voisins pour créer les liens entre les villes revient à poser l'hypothèse, maintes fois prouvées (Berry B.J.-L., 1967 ; Bonnefoy J.-L., 1996), que les interrelations sont plus nombreuses en moyenne entre deux villes spatialement proches plutôt que deux villes éloignées, ou peuvent être plus nombreuses pour créer des regroupements régionaux. C'est poser « une loi » de la moindre distance, qui se retrouve sous les noms de « *moindre effort* » (Zipf G.K., 1949), dans les comportements des consommateurs ou « du moindre coût » dans les localisations des activités et les transports (Lösch A., 1940, Isard W., 1956). C'est aussi et surtout, et nous

⁸⁸ Certains des résultats de ses travaux sont cités par Haggett P. (1965).

le rappelons, considérer l'arrangement des villes comme fondement des réseaux de proximités (Voiron Chr., 1995). Et dès lors qu'est reconnu qu'une ville, (par l'intermédiaire de sa population), est influencée par (et influence) plusieurs autres villes (Pumain D., 1996⁸⁹), il devient commode de prendre en compte plusieurs directions dans la proximité, donc de générer différents liens entre ces villes, plusieurs interrelations.

Dans les réseaux de villes de proximités et les graphes des relations générés, en considérant les lignes non-orientées, la connexité des villes et la connectivité du réseau augmentent avec l'ordre de proximité. L'ordre détermine par construction la dimension du p -graphe généré. Aussi le graphe obtenu par la méthode du « *plus proche voisin d'ordre 1* » est un 1-graphe. Celui généré par la méthode des « *plus proches voisins d'ordre 2* » est un 2-graphe. Ainsi de suite jusqu'au $(n-1)$ -graphe obtenu par l'ensemble des relations entre toutes les villes, c'est-à-dire un graphe complet.

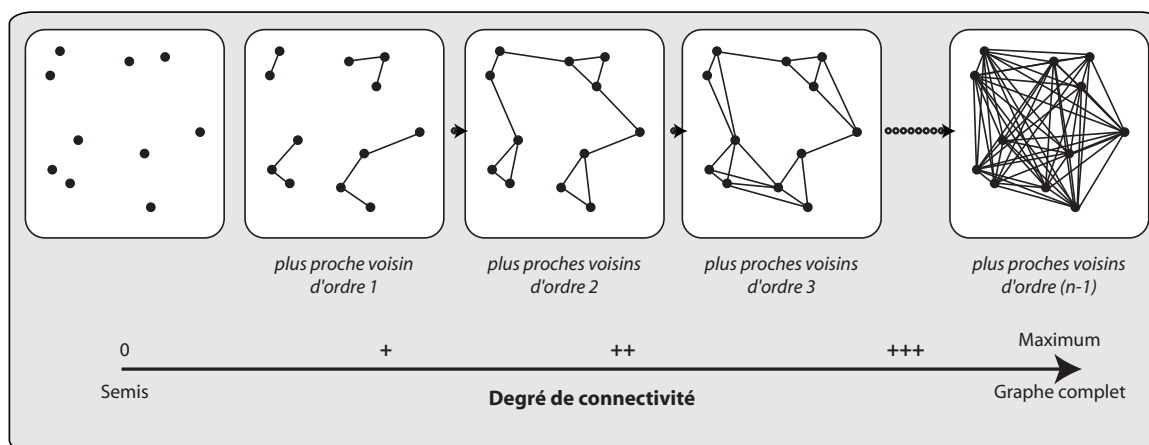


Figure 24 : mise en réseau des villes selon les plus proches voisinages

Par raccourci et en référence aux p -graphes générés, les méthodes sont notées 1-ppv, 2-ppv, 3-ppv, ..., $(n-1)$ -ppv. Il est à noter que chaque ville a un degré égal à la dimension du p -graphe. La représentation graphique du graphe de relations permet de visualiser les concentrations des relations et de les orienter (direction, et non pas sens), mais également de mesurer et comparer les distances entre plus proches voisins.

Plus le choix de l'ordre de proximité sera grand, plus les recherches de plus grandes connexité et connectivité conduisent vers des réseaux de villes plus complexes par leur nombre de villes et leurs relations (Figure 24, p.139). En effet, à partir du semis (ordre de proximité égal à 0), les premiers ordres de proximité génèrent des graphes souvent non-connexes. Plus l'ordre augmente, plus la probabilité d'obtenir un graphe connexe augmente. Ceci dit, l'ordre de proximité et le nombre de sous-graphes ou composantes

⁸⁹ Encyclopédie électronique *Hypergé*o.

connexes du graphe, ou réseaux de villes disjoints, font ressortir les caractéristiques des densités locales ou régionales à partir d'un semis. Ces composantes connexes permettent de proposer l'extraction des réseaux de villes de proximités disjoints autour desquels peuvent être défini des *réseaux de villes*.

B.2. Des réseaux de villes de voisinage

Pour ces deuxièmes méthodes, la recherche des villes entre lesquelles sont créés les liens est fondée sur la recherche d'ensemble de villes autour d'une ville. Elle renvoie aux analyses des densités de voisinages ou à la fonction $K(r)$ de B.D. Ripley (1976, 1977, 1981) (cf. p.93) pour définir des réseaux de villes de voisinages. Il s'agit ici d'utiliser le véritable voisinage des villes, dans sa définition mathématique (cf. ci-dessous), pour générer des liens entre ces villes. Le voisinage constitue alors des ensembles de villes définis à partir de la notion de **boules** dont nous donnons la définition après avoir présenté celle du voisinage mathématique.

La définition du voisinage est de l'ordre des espaces topologiques. En reprenant la définition fournie par C. Largeron et J.-P. Auray (1998) :

« Etant donné F une application de A dans l'ensemble des familles des parties de A ;

On appelle espace topologique le couple (A, F) dans lequel F vérifie les axiomes suivants :

V1 : pour tout élément i de A et toute partie P de A appartenant à $F(i)$, i appartient à P

V2 : pour tout élément i de A et toute partie P_1 de A appartenant à $F(i)$, quelle que soit une partie P_2 de A , si P_2 contient P_1 , alors P_2 appartient à $F(i)$

V3 : pour tout élément i de A et toutes parties P_1 et P_2 appartenant à $F(i)$, l'intersection de P_1 et P_2 est un élément de $F(i)$

V4 : pour tout élément i de A et toute partie P_1 de A appartenant à $F(i)$, il existe P_2 appartenant à $F(i)$, telle que, quel que soit k appartenant à P_2 , P_1 appartient à $F(k)$.

Les éléments de $F(i)$ sont appelés **voisinages** de i . »⁹⁰

⁹⁰ Ces définitions conduisent à la réflexion selon laquelle être voisin de quelqu'un ne se mesure pas par du voisinage mais bien par la proximité : être dans le voisinage de quelqu'un ne signifie pas être son voisin (Lamure M., 1998)

La **boule** est définie comme une construction d'un espace topologique (la construction d'un voisinage) sur un espace métrique muni de la distance d .

Soit E un espace métrique, x appartient à E , et r à $\mathbb{R}^+$, on appelle :

- une **boule ouverte** de centre a et de rayon r :

l'ensemble $B(a,r[= B(a,r) = \{x \text{ appartient à } E ; d(x,a) < r$

- une **boule fermée** de centre a et de rayon r :

l'ensemble $B(a,r] = B'(a,r) = \{x \text{ appartient à } E ; d(x,a) \leq r$

- une **sphère** de centre a et de rayon r :

l'ensemble $S(a,r) = \{x \text{ appartient à } E ; d(x,a) = r\}$

Dans un espace à deux dimensions, la boule est un disque. Par extension, la distance peut être de différentes natures, en particulier une distance fonctionnelle, bien que les figures géométriques obtenues dans ces cas-là ne soient plus des boules.

La méthode la plus simple pour générer des liens entre les villes considère les voisins contenus dans la boule d'un certain rayon. Autour de chaque ville-centre, est dessinée une boule, à l'intérieur de laquelle sont générés des liens du centre vers toutes les villes. Au-delà de cette distance, voisinage, seuil ou portée, aucune relation n'est possible. Ce procédé revient à introduire une rugosité nette, un frein de la distance, qui se traduit par une rupture franche à partir d'une certaine distance. Les réseaux générés sont appelés réseaux de villes de voisinages.

Cette méthode repose sur l'hypothèse que les villes entretiennent d'abord des relations avec celles qui sont dans un certain voisinage. Cela s'apparente à la visualisation des portées maximales des villes et représente au mieux les espaces périphériques, tout en montrant leurs orientations et les distances inter-urbaines.

Les réseaux générés sont bien adaptés pour schématiser les réseaux de voisinages tels que ceux des unités urbaines (qui dépassent certes le cadre simpliste d'une boule) et du rayon de 40 km défini comme étant celui au-delà duquel les déplacements domicile-travail ne sont plus acceptés, autour des agglomérations françaises de plus de 10 000 habitants (Berroir S., 1997). Ces réseaux de voisinage autour de chaque ville sont également utiles pour visualiser les accessibilités par unité de rayon, unité de temps lorsque la distance est une distance-temps. La visualisation et l'analyse des densités de villes demeurent la raison d'être de ces réseaux de voisinages.

La généralisation de cette méthode consiste à définir une série croissante de valeur du rayon de la boule pour visualiser l'ensemble des relations dans des voisinages croissants⁹¹. En faisant croître le rayon autour des centres, les connexités des villes

⁹¹ Cette méthode est parfois utilisée dans le sens inverse en partant du rayon maximal et en supprimant les villes et les relations par étagage (Nystuen J.D., Dacey M.F., 1961).

augmentent, faisant augmenter la connectivité du graphe généré, du réseau de villes. Cette connectivité du graphe est nulle lorsque le rayon est nul (semis), puis apparaissent des composantes connexes pour atteindre le degré de connectivité maximum, pour lequel toutes les villes sont connectées directement vers toutes les autres sans intermédiaire (degré des sommets égal à $(n-1)$), et ainsi obtenir un graphe complet (Figure 25, p142). Dans ce dernier cas, le rayon de la boule est supérieur ou égal à la distance la plus grande qui sépare deux villes du semis (d_{max}).

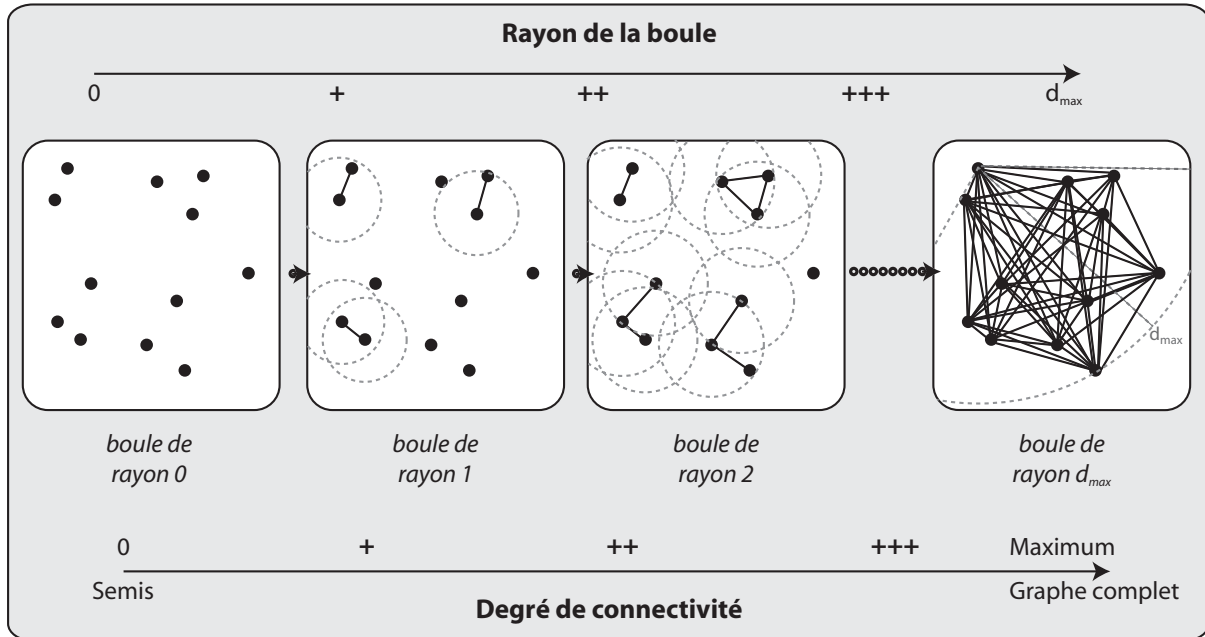


Figure 25 : mises en réseau de villes selon le voisinage

Le choix du rayon d'une boule pour générer les liens est multiple et dépend des densités autour des villes en considérant :

- soit une valeur centrale de la distribution des distances (moyenne, médiane, mode), un quantile de la distribution ;
- soit une distance moyenne basée sur les k -plus proches voisins : moyenne des distances aux 10-plus proches voisins, par exemple ;
- soit un nombre moyen de voisins fixant le rayon de la boule à partir du graphique des densités de voisinage (cf. p.97) ;
- soit un nombre de réseaux de villes disjoints *a priori* : dans ce cas il s'agit d'une méthode de regroupements proposée plus loin (cf. p.162) ;
- soit une autre valeur significative de l'unité de mesure de la distance.

D'autres mises en réseaux, proches de nos préoccupations, sont envisageables à partir de la définition de voisinage.

Il s'agit tout d'abord de l'utilisation d'une autre forme géométrique pour définir le voisinage tel que l'hexagone (Christaller W., 1933 ; Isard W., 1956 ; Ripley B.D., 1981 ; Serra, 1982⁹²).

Avec les remarques faites par J. Beaujeu-Garnier (1980) ou L. Sanders et H. Mathian (1998), à propos des différenciations locales ou régionales, l'« intensité de voisinage » peut varier selon la densité du semis aux abords des couples de villes considérées. C'est par exemple intégrer des variations de rayon par pays. L'inconvénient majeur est de réintégrer ce qu'*a priori* nous souhaitions abolir, c'est-à-dire des mailles administratives, car nos méthodes s'attachent à faire ressortir des réseaux de villes à partir d'un « méta-système ».

Un autre type de voisinage utilisant une boule (un disque) se trouve dans le graphe de Gabriel. Pour générer ce graphe de voisinage « ...les relations de voisinages sont mesurées au moyen d'un disque fermé ayant les points (v, v') situés en diamètre. v et v' sont joints s'il n'y pas d'autres points du semis dans le disque » (Voiron Chr., 1995) (Matula D.X., Sokal R.R., 1980⁹³).

Une possibilité est offerte en utilisant la recherche de *plus proches voisins* dans un voisinage. C'est par exemple générer des liens aux n_i plus proches voisins dans la mesure où ils se situent à l'intérieur d'une boule prédéfinie (Carmichael J., Sneath P., 1969⁹⁴).

C'est enfin combiner plusieurs types de distance et leur mesure pour déterminer les voisinages (Cattan N., 1992).

Les réseaux de voisinage et de proximité, tels que nous les définissons, conviennent mieux à l'analyse des densités qu'aux régionalisations des territoires autour des réseaux générés, du fait de l'information minimale qu'intègrent les méthodes qui les génèrent (uniquement les espacements).

Les réseaux de voisinage sont alors utiles pour déterminer des *réseaux de villes* dotés d'une certaine densité, résultant du choix du rayon, alors que les réseaux de proximités s'attache à créer des *réseaux de villes* dans lesquels la notion de minimisation des distances de proche en proche prédomine.

En posant que l'unité de mesure de distance ne peut plus être considérée comme facteur unique de relation entre les villes, et qu'une régionalisation des territoires autour de réseaux de villes générés doit prendre en compte plus d'informations sur les villes et les systèmes de villes, alors les villes sont différenciées par un critère de taille dans le sous-chapitre suivant.

⁹² Cité par Voiron C. (1993, 1995)

⁹³ Cité par C. Largeron et J.-P. Auray (1998).

⁹⁴ Cité par M. Calciu (1995).

C. Des réseaux de villes hiérarchisés

La dimension hiérarchique des systèmes de villes est introduite dans cette deuxième série de méthodes pour générer des liens entre les villes et, dès que cela s'avère réalisable, régionaliser les territoires autour de ces réseaux de villes. La taille d'une ville entraîne des relations de portées, d'intensités et de natures différentes (cf. p.80, les travaux de Berry B.J.-L. et ses collègues). Seules sont mesurées ici les portées dues aux effets de la taille et des espacements, c'est-à-dire des distances. Nous avons délibérément choisi de ne pas tenir compte de la nature des relations, ni de leur intensité dans nos développements.

L'introduction de contraintes de tailles de villes dans les relations de proximité et de voisinage conduit à la représentation des « *relations hiérarchiques* » (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997) de proximité ou de voisinage. Les réseaux de villes générés, intégrant hiérarchies et espacements, donnent également « *une position topologique des villes dans le réseaux des villes* » tout en permettant « *une description de leur situation hiérarchique* » (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997).

Deux types de réseaux de villes sont générés sur des hypothèses d'interrelations fonction conjointement de la distance entre les villes et des tailles de ces villes. Ce sont, **les réseaux de voisinages hiérarchisés**, résultant de contraintes de rapports de taille dans des voisinages de villes pour générer les liens, d'une part, et **les réseaux de proximités hiérarchisés**, résultant de contraintes de rapports de taille et des mesures de proximités pour générer les liens, d'autre part. Dans ce second type, la taille des villes est considérée soit par sa valeur, soit par un niveau de taille de villes (une classe d'appartenance) (Figure 26, p.146).

La dimension maximale des graphes est alors atteinte. Ces relations hiérarchiques de voisinages et de proximités sont représentées par des graphes pondérés (tailles des villes) et valués (distances).

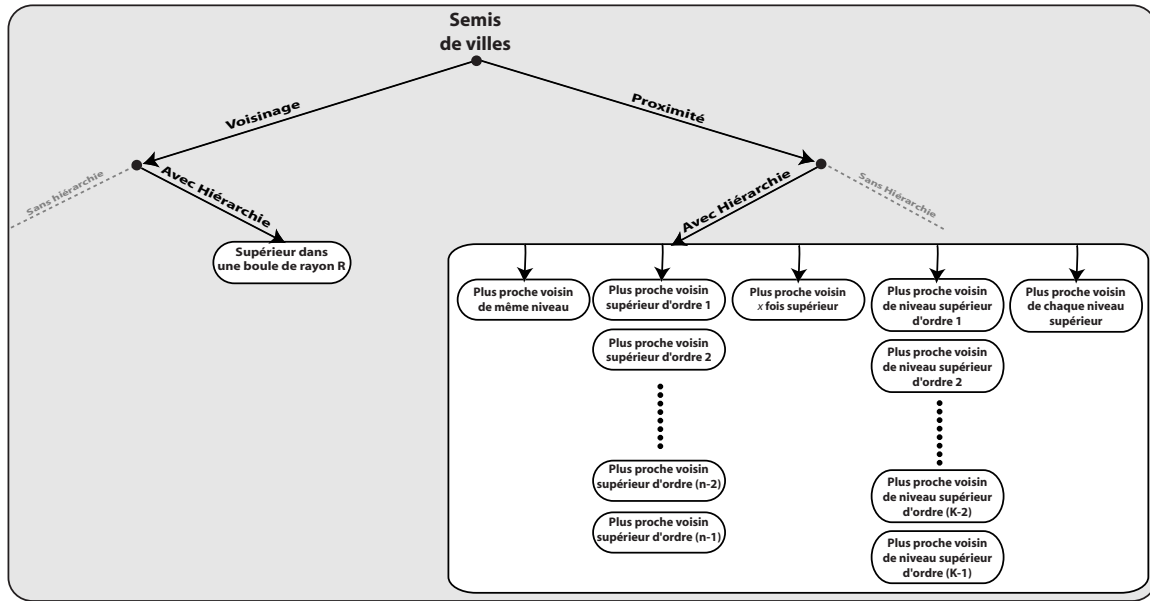


Figure 26 : les méthodes de mises en réseaux de villes selon les proximités, voisinages et tailles des villes

Toutes les méthodes proposées pour générer ces réseaux sont des méthodes ascendantes. Les relations se font toujours des petites villes vers les plus grandes. La première hypothèse posée est que chaque ville attire, « polarise » ou commande des villes de niveau(x) inférieur(s). Les graphes représentatifs sont par conséquent orientés, mais nous persistons sur une représentation non-orientée des relations pour les raisons invoquées précédemment (représentation d'interactions). Ce qui n'empêche pas d'utiliser les orientations lorsque cela s'impose dans des mesures de parcours, de chemin, de position dans le réseau lors de l'analyse des compositions des réseaux de villes par exemple.

Pour mettre en évidence les emboîtements hiérarchiques de systèmes de villes

L'introduction des tailles de villes pour générer les liens entre les villes a pour objectif de reproduire les interactions entre les villes et différentes formes d'emboîtements hiérarchiques de systèmes de villes (cf. p.75). Les principes sont rappelés en reprenant les graphiques (Figure 2, p.76) et en les enrichissant de deux représentations :

- la première est spatiale, dans l'espace euclidien en deux dimensions ;
- la seconde est le tracé a-spatial, le tracé hiérarchique (Figure 27, p.147).

Le véritable emboîtement hiérarchique de systèmes de villes est du type administratif (modèle (a), Figure 27, p.146). Sa représentation est alors un arbre planté (ou plusieurs) dans lequel existe une relation d'ordre (cf. p.131). Cet emboîtement donne un

pouvoir plus important aux niveaux, donc à la hiérarchie, qu'au voisinage ou à la proximité spatiale entre les villes. Ils ne correspondent pas aux emboîtements hiérarchiques relationnels des systèmes de villes de types hiérarchies de « principe de marché », pour lesquels certaines villes appartenant au même système de villes à un certain niveau s'orientent vers des systèmes différents à un autre niveau de systèmes. Certains éléments ne sont pas « comparables » au sens d'une relation ordre, c'est une relation d'ordre partiel. Les modélisations (b_1), représentation par niveau de systèmes, et (b_2), représentation spatiale en une unique couche multi-niveau, de la Figure 27 (p.147), reproduisent ce cas. Plusieurs villes des mêmes systèmes locaux autour des pôles A, B, C, D, et E peuvent s'orienter vers des métropoles régionales différentes, principalement dû aux proximités spatiales. La position centrale du système local autour du pôle E conduit plusieurs villes de ce système à s'orienter différemment vers les 3 métropoles régionales. C'est la reproduction du cas la ville de Saint-Chély d'Apcher, dans le système local de Mende orienté vers Clermont-Ferrand au nord, dans un système régional différent du pôle local, orienté vers le sud (Alès, Nîmes) (cf. p.75). De très nombreux exemples existent.

Sous forme d'un graphe, cet emboîtement est représenté, en particulier avec 3 niveaux de villes, par un arbre « collé par les feuilles » (modélisation (b_3), Figure 27, p.147). Plus généralement, avec plus de 3 niveaux de villes, les graphes sont acycliques ou « collés par les branches ».

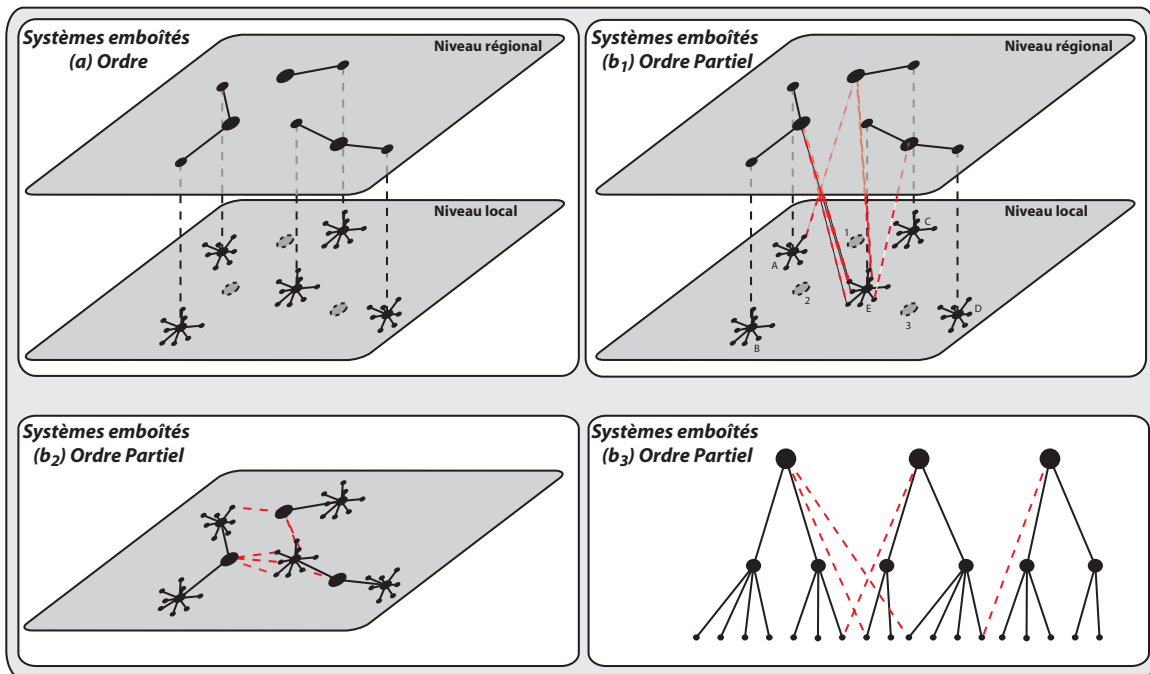


Figure 27 : Emboîtements d'échelles et de niveaux : un graphe de représentation

En reprenant ces caractéristiques de l'appartenance et des multi-appartenances des villes aux systèmes multi-niveaux, nous posons une série d'hypothèses pour générer des liens entre les villes et reproduire des schématisations de ces caractéristiques. Les hypothèses reprennent alors celle des réseaux de proximité et de voisinage, qui considèrent que les villes entretiennent des relations privilégiées avec les plus proches voisines, mais en imposant une certaine valeur de rapport de tailles entre les villes. Les graphes résultants sont quasiment tous des p -graphes acycliques (arbres ou arbres « collés »), et aucun d'entre eux ne peut être un graphe complet, du fait des contraintes de rapport de tailles.

Les graphes que nous proposons rejoignent ceux élaborés par A. Pred⁹⁵ (1971) sur la base des relations entre les villes dans les systèmes emboîtés des deux modèles de localisations de lieu central de W. Christaller (1933) et A. Lösch (1940). A. Pred génère des liens et des graphes représentatifs, dans le but de montrer l'organisation hiérarchique par niveau et les emboîtements des systèmes par les interrelations. Seuls les tracés hiérarchiques des graphes sont présentés (Figure 28, ci-dessous).

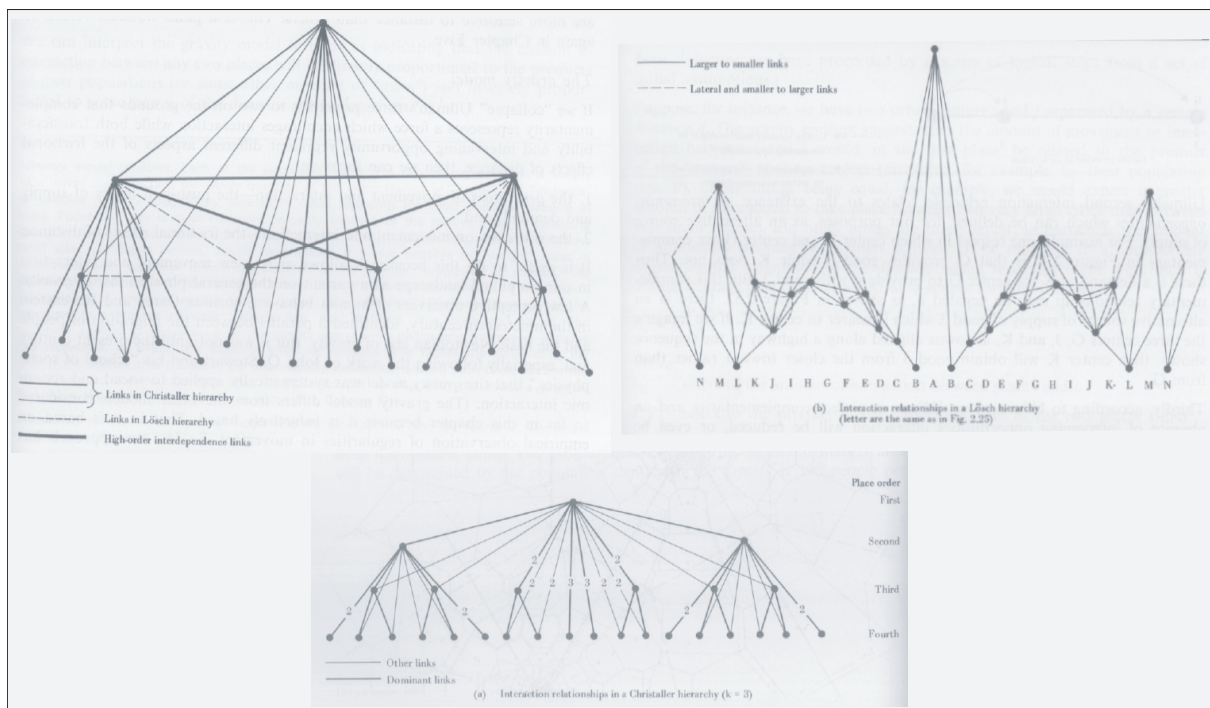


Figure 28 : les arbres des relations dans (a) la hiérarchie de W. Christaller et (b) la hiérarchie de Lösch – (c) Combinaison des deux hiérarchies avec relations entre les centres de niveau supérieur (d'après A. Pred⁹⁶, 1971)

⁹⁵ Cité par P.E. Lloyd et P. Dicken (1978).

⁹⁶ Extrait de P.E. Lloyd et P. Dicken (1978), pp.54-55.

Les relations traduisent les interactions entre les villes de tous les niveaux de la hiérarchie urbaine, en particulier entre les villes de même niveau et entre les villes de deux niveaux successifs de la hiérarchie urbaine. Ces liens sont créés sur la base de la connaissance du fonctionnement du système de villes dans ces modèles. Bien que les résultats graphiques soient très proches de ce que nous proposons, notre démarche en diffère par le fait que les liens soient générés uniquement sur des contraintes et mesures d'espacement et de tailles de villes.

La forme des graphes permet de dégager les degrés de polarisations des villes à tous les niveaux de la hiérarchie. Non seulement ces polarisations servent à apprécier les appartenances aux systèmes de villes multi-niveaux mais aussi à mesurer le degré de la hiérarchisation de l'organisation.

Nous présentons une méthode pour générer des relations hiérarchiques de voisinages puis plusieurs méthodes créant des relations hiérarchiques par proximité déclinées selon la taille des villes (selon une vision continue de la hiérarchie) ou par niveaux (selon une vision discontinue de la hiérarchie).

Enfin, il n'a pas été réalisé de réseaux uniquement basés sur des contraintes hiérarchiques, comme relier une ville à celle qui lui est immédiatement supérieure dans la distribution des tailles, ou de rang supérieur dans la distribution rang-taille. Les chances sont infimes, quasiimpossibles, d'obtenir des composantes connexes soit directement issues de ces contraintes soit par des partitions sur le graphe des relations. Une éventuelle régionalisation à partir de ces méthodes a-spatiales étant irréalisable, elles ne sont pas développées.

C.1. Les réseaux de villes de voisinages hiérarchisés

Nous présentons brièvement une première méthode qui traduit les véritables relations hiérarchiques de voisinages avec introduction des tailles de villes comme facteur de liens.

La méthode revient à relier chaque ville avec toutes ses voisines supérieures à l'intérieur d'une boule au rayon fixe. L'hypothèse est donc de considérer qu'une ville entretient des relations privilégiées (plutôt de dépendance) avec celles qui lui sont supérieures et contenues dans un voisinage. Plus que pour les boules « simples », les

voisinages avec les tailles de villes montrent dans quelle mesure une ville appartient aux espaces périphériques de plusieurs grandes villes (le nombre de grandes villes dépend du rayon de voisinage). Ces **réseaux de villes de voisinage hiérarchisés** permettent la visualisation des relations pour l'analyse de la densité de villes supérieures dans un voisinage. Ces représentations spatiales reproduisent et orientent les relations des graphiques de voisinages « hiérarchisés ». Pour chaque ville, le réseau de voisinage montre dans quelle mesure (de distance) elle appartient à un voisinage de villes plus peuplées qu'elle. Le rayon de la boule étant fixé pour toutes les villes c'est l'analyse des densités de villes qui prime (lorsque le rayon est proportionnel à la taille de la ville, c'est la portée qui prime).

Le choix de la valeur du rayon peut être déterminé à partir :

- d'une valeur centrale de la distribution des distances, un quantile de la distribution ;
- d'une distance moyenne basée sur les *k-plus proches voisins supérieurs* : moyenne des distances aux *6-plus proches voisins supérieurs*, par exemple, lorsqu'ils existent ;
- d'une autre valeur remarquable de l'unité de mesure de la distance (10, 100 kilomètres ; une, deux heures...) ;

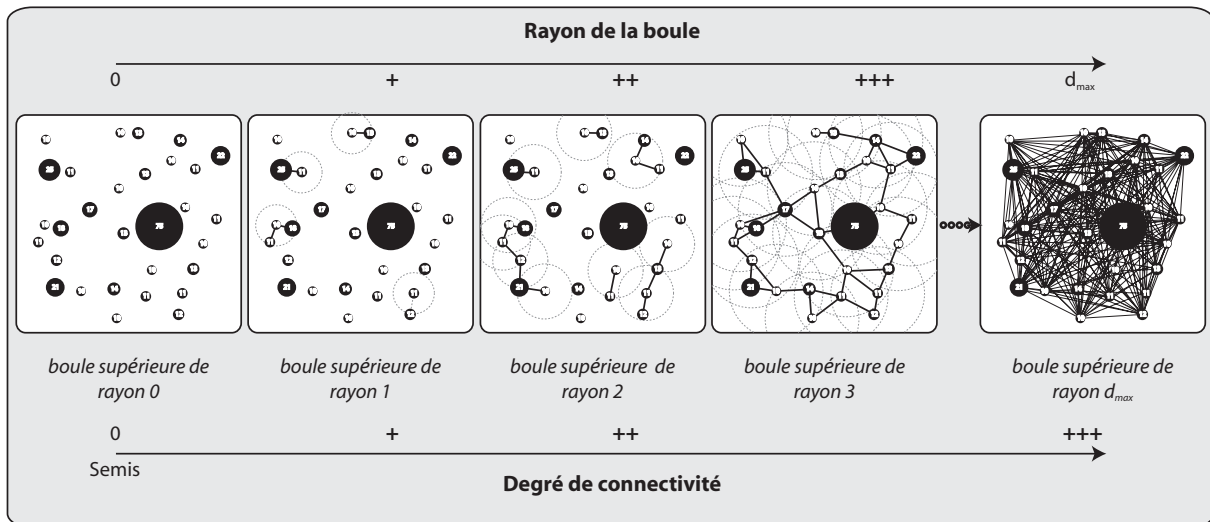


Figure 29 : les mises en réseaux de villes hiérarchiques de voisinages

Quel que soit le rayon fixé, les graphes résultants sont des *p*-graphes acycliques. En faisant croître le rayon autour des centres, les connexités des villes augmentent, faisant élever la connectivité du réseau, du graphe généré. La connectivité est nulle avec un rayon nul, puis apparaissent des composantes connexes avec la croissance du rayon, pour atteindre un unique graphe connexe le rayon de la boule est égal à la distance la plus

élevée entre deux villes de tailles différentes. Le graphe complet n'est obtenu que si toutes les villes ont des tailles différentes.

Certaines conclusions posées sur la construction de la méthode des voisinages sans hiérarchie peuvent être réitérées pour les voisinages avec hiérarchie, notamment celles de considérer l'hexagone comme forme géométrique de la boule, ou celle d'introduire des rapports de tailles différents entre les villes (les villes sont reliées si l'une est x fois supérieure à l'autre).

Mais les ruptures spatiales nettes que pose la définition des voisinages ne permettent pas de reproduire convenablement les relations dans et entre les systèmes de villes comme nous l'avons exposé. Les relations entre les villes avec des rapports de tailles et des proximités sont plus représentatives de ces interrelations.

C.2. Réseaux de villes de proximités hiérarchisés

Plus proche voisinage et supériorité démographique introduisent des contraintes de relations hiérarchiques. Ces relations sont présentes dans toutes les organisations hiérarchisées, selon une organisation administrative ou selon un « principe de marché ». Pour les organisations administratives, les relations se font toujours par des intermédiaires avant d'atteindre le haut de la hiérarchie : on passe de la petite ville, puis au chef-lieu, à la préfecture. Les relations entre petites et grandes villes se font par l'intermédiaire des villes moyennes (Beaujeu-Garnier J., 1980). Il n'est cependant pas question d'espacement dans cette organisation. Par contre les méthodes proposées tiennent compte de l'espacement dans l'organisation hiérarchique des systèmes par l'intermédiaire des mesures de proximités.

L'objectif de ces méthodes est alors de représenter les emboîtements de niveau de villes par les relations hiérarchiques de proximités. La hiérarchie urbaine est intégrée et mesurée par des rapports de tailles. Cela revient à considérer le système de villes comme un continuum ainsi que le propose G.K. Zipf (1941) dans la distribution rang-taille, sans prendre en compte de seuils de population pour exprimer les niveaux de villes. C'est pour cela que les hiérarchies emboîtées de systèmes de villes représentées par certaines méthodes exposées dans cette section ne sont pas « franchement » visibles : pas de niveau de villes, pas de niveaux de systèmes de villes. Il suffit, dans la pratique, pour une meilleure représentation visuelle, d'introduire au stade final de la cartographie, des niveaux de villes.

En reprenant l'hypothèse selon laquelle les villes entretiennent des relations privilégiées avec celles qui leurs sont les plus proches et en introduisant de la hiérarchie urbaine par les tailles de villes, alors l'hypothèse devient que les villes entretiennent des relations certes avec celles qui leurs sont les plus proches mais qui leurs sont surtout supérieures. Ce que peuvent confirmer, entre autres, les travaux de B.J.-L. Berry et ses collègues (cf. p.80). La caractérisation de ces relations de « (inter-)dépendance⁹⁷ » hiérarchique se font par identification des paires de villes les plus proches sous contrainte de différenciation par la taille. Les liens générés sont susceptibles de donner une représentation de ces relations hiérarchiques de proximités à l'intérieur et à différents niveaux d'un système de villes. Différents types de polarisations et de connectivités sont privilégiés en faisant varier soit le nombre de relations possibles par ville avec les méthodes qui autorisent plusieurs proches voisins supérieurs (degré extérieur d'un sommet du graphe ≥ 1), soit en fixant des rapports de tailles plus ou moins élevés avec les méthodes qui exigent un certain rapport de taille fixe entre les villes. Les réseaux de villes générés sont alors des ***réseaux de villes de proximité hiérarchisés***.

« Les 1 à (n-1) plus proches voisins supérieurs »

La première méthode consiste à générer des liens entre les villes selon une règle de supériorité absolue (une unité de mesure de taille suffit ; un habitant par exemple). Elle se décline en plusieurs variantes selon le nombre de relations accordées aux villes. C'est la méthode des « 1 à (n-1) plus proches voisins supérieurs ».

Lorsque la méthode est le « *plus proche voisin supérieur* » ou « *plus proche voisin supérieur d'ordre 1* », seule la ville la plus proche et plus grande est conservée et le lien généré. Lorsque la méthode est celle de la recherche des « 2 plus proches voisins » ou « *plus proches voisins d'ordre 2* », les deux plus proches et plus grandes sont conservées, avec la condition que la ville la plus éloignée des deux soit toujours la plus grande. L'opération est identique jusqu'à la méthode des « *plus proches voisins d'ordre (n-1)* » (Figure 30, p.153).

Si pour la méthode des « 1 à (n-1) plus proches voisins » (réseaux de proximités), les villes ont toutes le même nombre de voisins, ce n'est plus le cas avec l'introduction de la contrainte de supériorité. Seule la plus petite des villes peut posséder (n-1) villes qui lui sont supérieures. C'est alors la seule susceptible d'entretenir (n-1) relations.

⁹⁷ La relation orientée est transformée en une interrelation car il s'agit de modéliser d'éventuelles interactions. Le graphe est alors visualisé sous sa forme non-orientée.

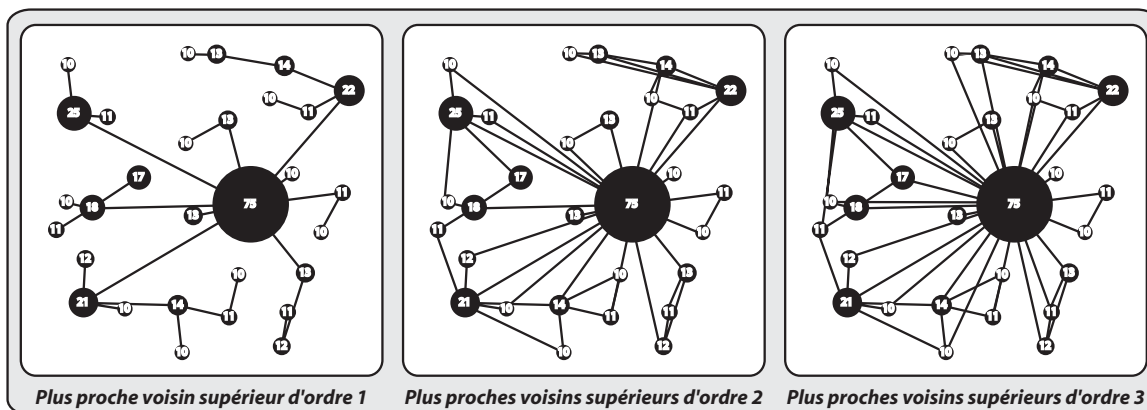


Figure 30 : plus proche(s) voisin(s) supérieur(s) d'ordre 1, 2 et 3

À moins d'une disposition spatiale très particulière, et rarement observée dans l'espace (la distribution spatiale doit suivre la règle selon laquelle la distance entre deux villes de tailles successives de la distribution rang-taille des villes est décroissante jusqu'à atteindre la plus petite valeur pour la distance entre la pénultième et l'ultime villes), la dimension du p -graphe est toujours inférieur à $(n-1)$. À l'opposé de la hiérarchie, la plus grande ville de la distribution n'a aucune ville de taille supérieure, donc aucun lien (ascendant). En toute logique, la connectivité du graphe augmente avec la dimension du graphe. Enfin, le graphe n'est jamais complet, sauf dans le cas peu probable décrit ci-dessus.

La condition de supériorité entre les différentes villes voisines des différents ordres de proximité interdit des relations trop éloignées avec des villes relativement petites. Dans tous les cas, sauf un (cf. ci-dessous), ces réseaux représentent **les hiérarchies emboîtées de systèmes de villes de types « principe de marché »**.

La méthode la plus simple et la plus utilisée, notamment pour l'analyse des proximités hiérarchiques (cf. p.115), est « **le plus proche voisinage supérieur d'ordre 1** ». L'hypothèse est réduite à considérer que la relation à partir d'une ville (interaction) se fait toujours vers la ville la plus proche voisine de taille supérieure. Le graphe généré, des liens entre chaque ville et sa plus proche voisine de taille supérieure révèle une relation d'ordre défini pour les arbres plantés. Le graphe est toujours un (ou des arbres) ascendant(s) des plus petites villes vers la (les) plus grande(s) ville(s) de la distribution, la (les) racine(s). Le nombre d'arbre est égal au nombre de villes de même taille au sommet de la hiérarchie.

C'est le seul cas de ces méthodes de « 1 à $(n-1)$ plus proches voisins supérieurs » dont les réseaux d'interaction modélisés représentent les hiérarchies **emboîtées de systèmes de villes de type administratif**.

Cette méthode définit non seulement des régionalisations autour des villes les plus hautes de la hiérarchie, mais également, grâce à la forme hiérarchique, l'arbre, des regroupements autour de n'importe quelle ville du système, à partir du moment où elle possède des descendants. Mais il ne faut pas perdre à l'esprit que ces régionalisations sont réalisées sur des relations de proches supérieurs en proches supérieurs et sans prendre en compte plusieurs relations vers des villes de tailles supérieures différentes.

Enfin, ces méthodes tiennent l'habitant comme gage de supériorité (de niveau) entre les villes ce qui n'est pas le cas de la méthode suivante.

« Le plus proche voisin x fois supérieur »

Pour prendre en compte une meilleure différenciation des niveaux de villes, et éviter que deux villes de tailles similaires ne puissent être en relation hiérarchique, il peut être posé une seconde hypothèse en fixant un rapport de taille plus élevé, en passant de 1, pour le plus proche voisin supérieur, à un facteur multiplicatif x supérieur à 1. Cela correspond à appliquer la méthode du « *plus proche voisin x fois supérieur* ». Le rapport de taille entre les villes est fixé par la valeur de l'entier x . C'est dans le cas où $x=2$, poser une contrainte de supériorité double entre les villes pour que soit généré un lien entre elles. Cette nouvelle mesure de rapport peut garantir la fiabilité de la supériorité de niveau entre les villes. Pour reproduire au mieux l'organisation hiérarchique d'un système de villes, cet entier peut être déterminé par exemple par la forme de la distribution rang-taille des villes (primatie, macrocéphalie, pente, coefficient de la polynomiale ...). Plus le système correspond à un système centralisé, plus le coefficient est grand (équivalent à l'indice de primatie, par exemple). Plus il correspond à un système hiérarchisé, plus il se rapproche de la valeur 2 (valeur de l'indice de macrocéphalie dans un système hiérarchisé ; cf. p.106). Quel que soit ce facteur multiplicatif, le graphe créé est toujours un arbre.

Les réseaux d'interactions modélisés représentent également **des hiérarchies emboîtées de systèmes de villes de type administratif**, à la hiérarchie beaucoup plus marquée (moins d'intermédiaires entre le bas et le sommet de la hiérarchie), plus le rapport de taille augmente.

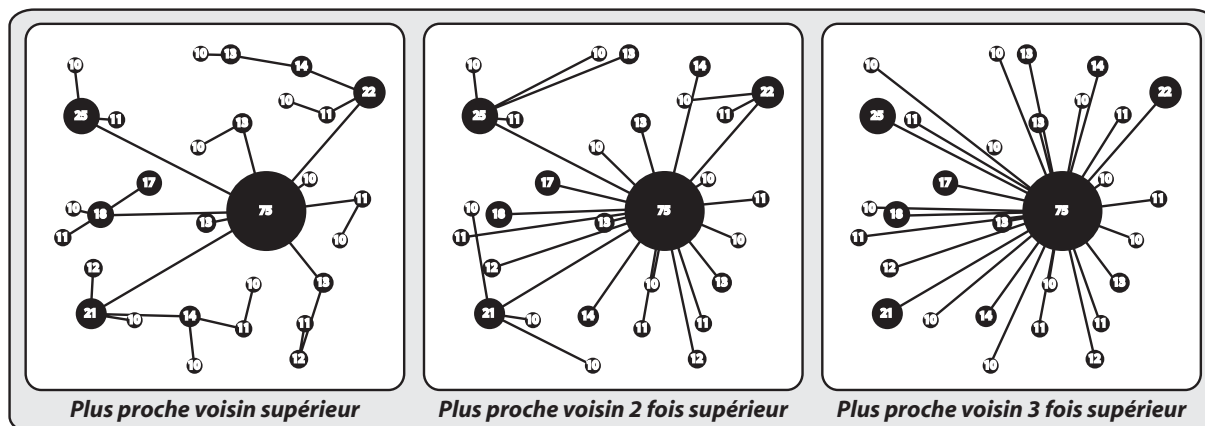


Figure 31 : plus proche voisin 1, 2 et 3 fois supérieur

Le degré de polarisation augmente avec la valeur du rapport (Figure 31, p.155). S'il est exigé un rapport de 8 entre les populations de deux villes sur le système de villes français, qui tient compte d'un indice de primatie élevé et d'une centralité forte autour de Paris, cette méthode du *plus proche voisin 8 fois supérieur* retranscrit alors les relations hiérarchiques de proximité de manière convaincante au moins pour les villes du haut de la hiérarchie. La polarisation autour de Paris est élevée (un peu trop, parce que le rapport, élevé aussi, ne tient pas compte du reste de la distribution). La racine de l'arbre est seule capable de recevoir des liens des villes de plus de 250 000 habitants.

Les deux méthodes exposées ci-dessus sont des cas particuliers de la généralisation plus complexe des « 1 à (n-1) plus proches voisins x fois supérieurs ».

Dans ces deux cas de réseaux de proximité hiérarchique, le rapport de taille s'effectue dans l'unité de mesure de taille. Que ce soit sur l'unité de mesure ou un facteur multiplicatif de cette unité, elle tente de reproduire des niveaux de villes, mis en place dans la section suivante par des classifications de tailles de villes.

C.3. Réseaux de villes de proximités hiérarchiques par des niveaux de tailles de villes

Cette troisième et dernière série de méthodes discrétise le continuum du système de villes sous la forme de classes représentant des niveaux de villes. Nous confondons volontairement dans cette section classes de tailles et niveaux de villes. Deux villes, à un habitant près, sont considérées différentes par la taille alors qu'avec des niveaux, c'est seulement le cas aux bornes de classes. Ce sont alors des intervalles, qui regroupent des

ensembles de villes considérées comme ayant les mêmes propriétés, les mêmes fonctions, les mêmes niveaux.

La hiérarchie est intégrée et mesurée par des rapports de tailles selon ces niveaux de villes. C'est appliquer une version discontinue (discrète) de la hiérarchie des villes telle que proposée par W. Christaller (1933 ; cf. p.110). Les objectifs affichés par ces méthodes sont identiques à ceux qui sont exposés pour les méthodes précédentes. Ils sont axés sur les représentations des emboîtements de systèmes de villes et sur les regroupements de villes, pour l'analyse des organisations spatiales et la régionalisation des territoires. Les emboîtements de hiérarchies de niveaux sont encore plus nettes et visibles par ces méthodes que par celles des valeurs de taille, du fait même des discontinuités imposées par les classes.

Les réseaux de villes générés sont alors des **réseaux de villes de proximité hiérarchisés** construit selon des niveaux de villes.

Pour les méthodes qui suivent, soit :

- K = le nombre de niveaux de villes ;
- k_i = niveau de la ville i ; $k = 1$ est le niveau le plus haut de la hiérarchie ;
- n_k = nombre de villes du niveau k ;
- $n_1, n_2, \dots, n_K$ = nombre de villes du niveau 1, du niveau 2, ..., du plus bas niveau ;
- N = nombre total de villes.

Les réseaux de complémentarité ou de concurrence : le plus proche voisin de même niveau

Cette première méthode de mise en réseaux de villes est à mettre à part dans les relations entre les villes puisqu'elle génère des liens seulement entre les villes de même niveau.

Constitué de villes de tailles comparables, un *réseau de villes* est une volonté d'alliance créé dans un but de complémentarité entre les villes. En générant des liens entre des villes d'un même niveau sur la base de proximité, les réseaux générés traduisent un réseau de complémentarité, lorsque les villes n'ont pas les mêmes fonctions, ou un réseau de concurrence, lorsque les villes ont des fonctions similaires, comme c'est le cas dans le modèle de W. Christaller (Figure 28, p.148). La représentation graphique de ces réseaux de complémentarité ou de concurrence est toujours un I -graphe acyclique. Elle permet de les spatialiser et de dégager parfois des sous-graphes (au moins un sous-graphe

par niveau), des sous-réseaux de villes qui peuvent servir de base à des *réseaux de villes* à différents niveaux de la hiérarchie.

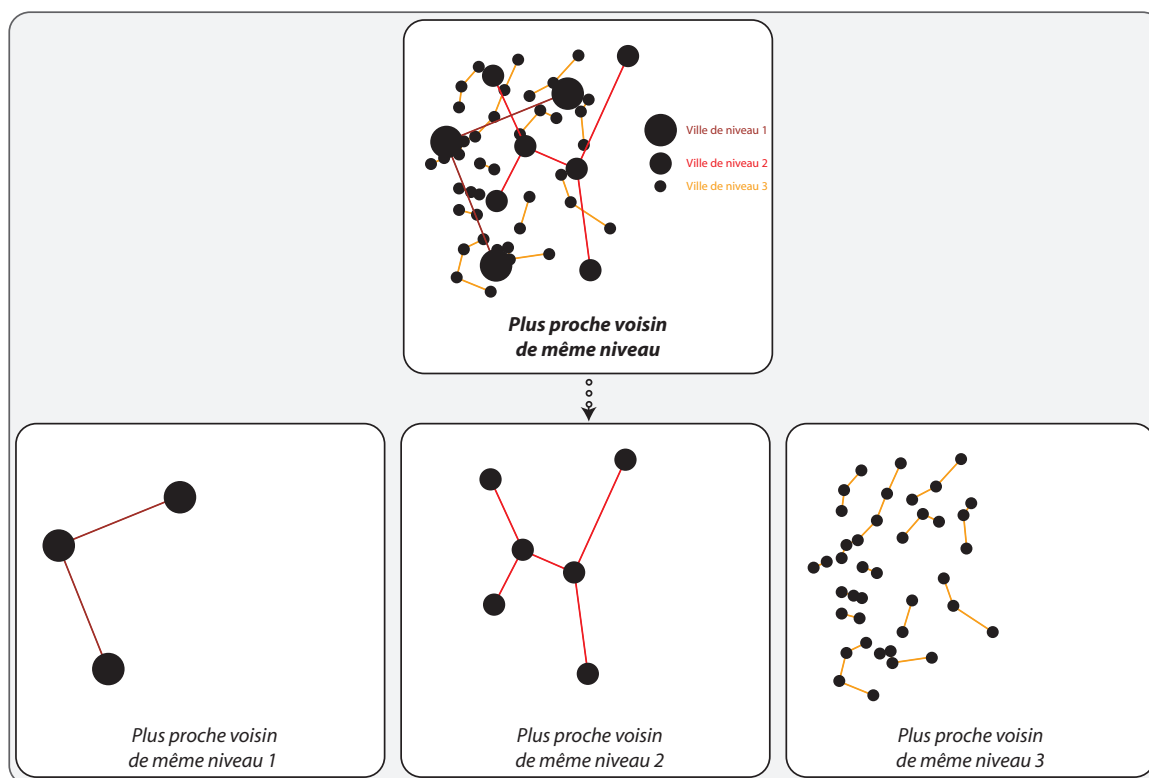


Figure 32 : les réseaux de complémentarité ou de concurrence : plus proche voisin de même niveau

Selon le nombre de villes par niveau, cette méthode met en évidence des composantes connexes qui traduisent les répartitions spatiales des villes. Ainsi sur la Figure 32, ci-dessus, plusieurs composantes connexes apparaissent et peuvent former des alliances de villes. Les relations permettent de mesurer et comparer les espacements par niveaux de villes. Leurs représentations spatiales permettent en outre de visualiser et comparer ces distances. Cela revient à analyser les répartitions de chaque niveau séparément, sans tenir compte des autres. Dans ce cas, c'est appliquer la méthode du *plus proche voisin* sur les semis de chacun des niveaux.

Après cette méthode introductive avec des niveaux de villes, les hypothèses pour les méthodes suivantes reprennent celles exposées pour la population avec de nouvelles contraintes. Les villes entretiennent des relations privilégiées avec celles qui leur sont les plus proches et de niveau(x) supérieur(s), avec deux variantes.

« *Les plus proches voisins de niveau supérieur* »

La première variante de l'hypothèse précédente consiste à générer des liens entre une ville et les villes d'un niveau supérieur les plus proches. Le nombre de relations permises aux villes peut varier. Plus ce nombre de liens augmente moins la schématisation des interactions à l'intérieur du système est claire. Les liens sont alors générés avec les villes les plus proches de niveau supérieur et les niveaux sont de plus en plus élevés avec l'éloignement⁹⁸. Par conséquent les villes du plus haut niveau ne possèdent aucun lien ascendant.

Les réseaux de villes générés permettent soit des régionalisations à partir des composantes connexes lorsqu'il en existe (si plusieurs villes constituent le plus haut niveau de la hiérarchie) ou d'une méthode de regroupement appliquée sur le graphe de relation (cf. 162) et de proposer une visualisation des relations hiérarchiques par niveaux de villes.

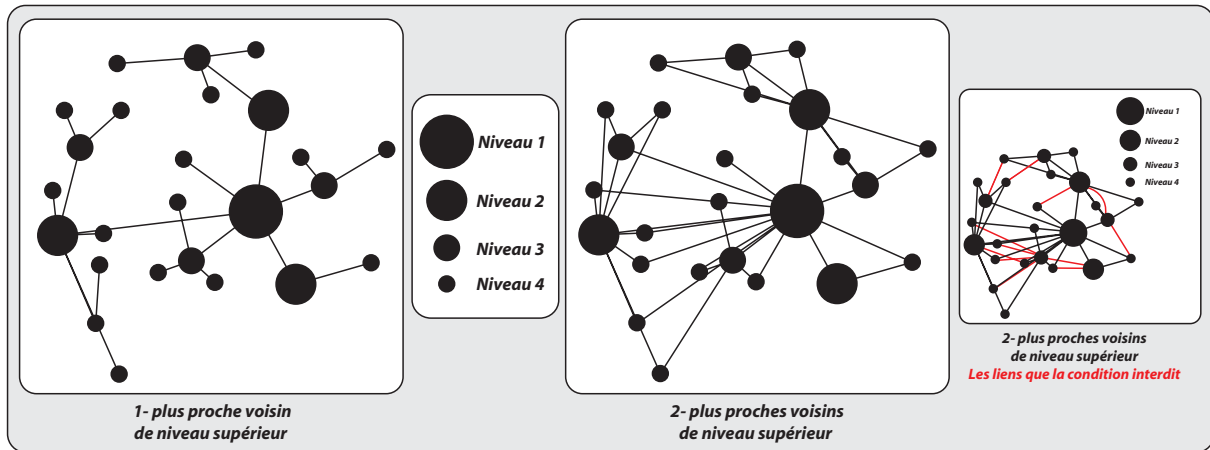


Figure 33 : les réseaux de proximité selon une hiérarchie de niveau : les plus proches voisins de niveau supérieur

Le graphe généré permet de visualiser, orienter, mesurer et comparer pour chaque ville, ses proximités avec les plus proches villes aux différents ordres de proximité. La dimension du p -graphe est toujours inférieure à $(N - n_K)$, nombre maximal de liens que peuvent entretenir les villes du bas de la hiérarchie avec toutes les villes des autres niveaux supérieurs.

Dans cette première variante se distingue celle qui n'autorise qu'un seul lien, « *le plus proche voisin de niveau supérieur* ». Celle-ci reprend le même procédé que « le plus

⁹⁸ Une ville de niveau 5 ne peut posséder un premier plus proche voisin supérieur de niveau 2 et un second, un peu plus éloigné, de niveau 4, par exemple. Le niveau du supérieur suivant le plus proche est obligatoirement de niveau égal ou supérieur à 2.

proche voisin supérieur » avec cette fois des niveaux de tailles de villes à la place des valeurs de tailles. Cette méthode définit non seulement des régionalisations autour des villes du plus haut niveau mais elle permet également des regroupements autour de n'importe quelle ville du système, à partir du moment où elle possède des descendants. Il suffit de parcourir l'arbre dans le sens descendant. Les réseaux d'interactions modélisés par cette méthode représentent de la même manière que pour le plus proche voisin supérieur, avec des niveaux d'emboîtements plus marqués, **les hiérarchies emboîtées de systèmes de villes de type administratif**.

« Le plus proche voisin de chaque niveau supérieur »

Enfin, la dernière méthode propose, par niveau de villes, de reproduire les relations de proximités hiérarchiques et de visualiser spatialement les emboîtements des systèmes de villes par des relations multiples entre les villes de plusieurs niveaux différents. L'hypothèse posée suppose que les villes entretiennent des relations privilégiées avec des villes de chacune des classes supérieures et plus particulièrement avec la plus proche voisine de chacune d'entre elles. Cela consiste à générer un lien entre une ville et sa plus proche voisine de chaque niveau supérieur, les niveaux successifs de villes supérieures étant évidemment toujours plus élevés avec l'éloignement.

En attribuant des fonctions plus importantes par niveau, les relations entre petites villes et grandes villes ne se font plus par des intermédiaires mais bien directement selon ces proximités hiérarchiques. C'est adopter le principe hiérarchique de marché (cf. modèle des lieux centraux, p.110) au détriment d'une vision hiérarchique administrative. Par conséquent, bien qu'ayant toujours un rôle central dans leur réseau local, le rôle d'articulation ou d'intermédiation entre les niveaux attribué au pôle central est bien moins important. Ces relations hiérarchiques de proximité avec les différents niveaux supérieurs permettent toutefois à chaque ville d'être un pôle d'attraction, un pôle « régional », autour duquel s'organise un réseau de villes.

Générer des liens multiples pour chaque ville permet d'illustrer les appartenances multiniveaux et de montrer que les villes d'un même système à un certain niveau n'appartiennent pas toujours aux mêmes systèmes de villes à d'autres niveaux d'observation. Suivant les proximités, les « trajectoires » des villes de même niveau divergent. Ainsi dans l'exemple théorique de la Figure 34, ci-dessous, les villes A et B de niveau 4 s'orientent vers la même ville de niveau 3, vers deux villes différentes de niveau 2, puis vers la même ville de niveau 1 (unique ville de ce niveau dans cet exemple).

Les réseaux d'interactions modélisés par cette méthode du plus proche voisin de chaque niveau supérieur représentent **les hiérarchies emboîtées de systèmes de villes de types « principe de marché »**.

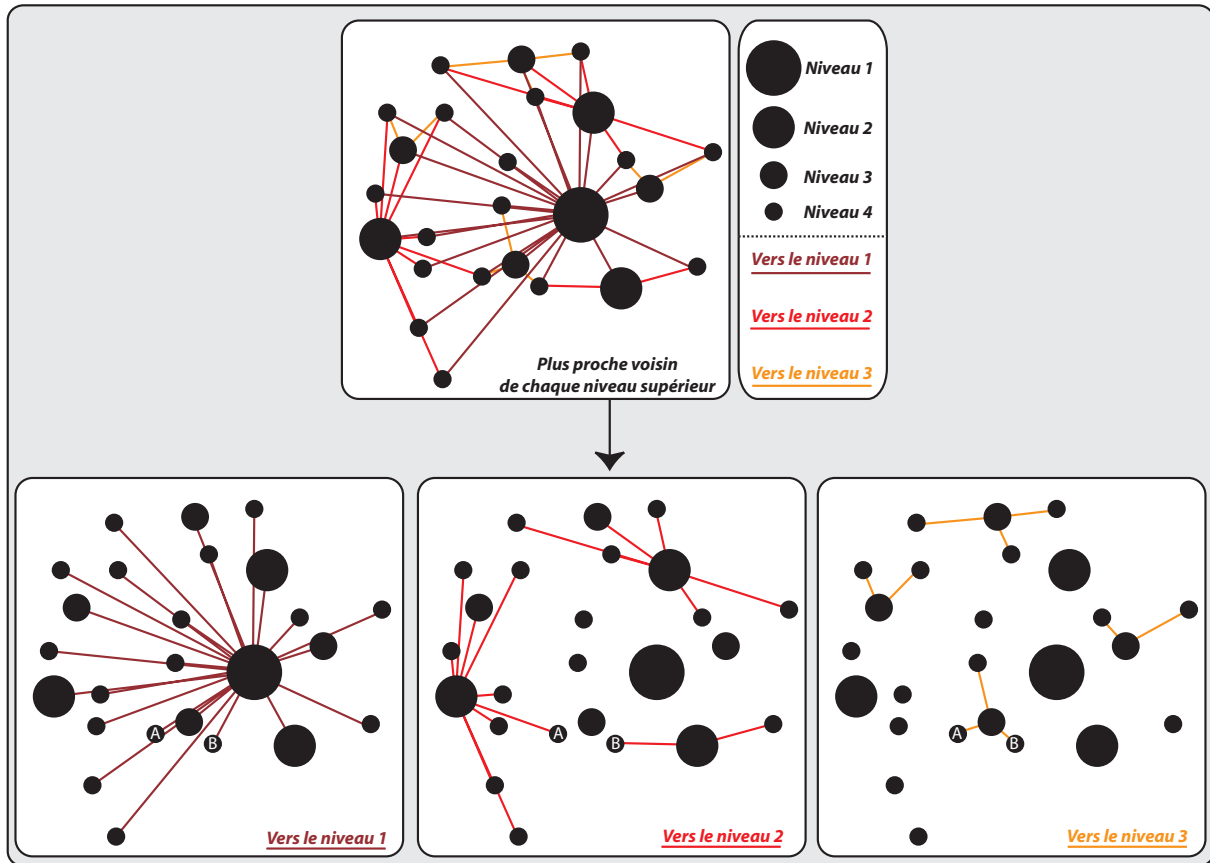


Figure 34 : le plus proche voisin de chaque niveau supérieur

Le graphe généré est un $(K-1)$ -graphe acyclique, de dimension égale au nombre de niveau (K) moins 1 (les villes ayant le maximum de relations sont celles du plus bas niveau de la hiérarchie).

Lorsque le nombre de niveaux de villes est élevé, rendant peu claire la schématisation des interactions et des emboîtements de niveaux, il peut être envisager de réduire le nombre de liens à partir d'une ville. Ce n'est plus rechercher les voisins pour chaque niveau supérieur mais seulement les 2 *plus proches voisins de niveau supérieur*, les 3 *plus proches voisins de niveau supérieur*, les 4 *plus proches voisins de niveau supérieur* ... pour atteindre au plus, les $(K-1)$ *plus proches voisins de niveau supérieur*. Cette variante est appelée méthode des « *plus proches voisins de niveau supérieur d'ordre 1 à $(K-1)$* »⁹⁹

Nous voilà disposant d'une série de méthodes de mises en réseaux destinées à construire des régionalisations si le principe d'emboîtement hiérarchique strict ou à l'analyse si ce principe est non strict. Cependant, même si les premières ont vocation à

⁹⁹ Les niveaux des voisins sont tous différents et de plus en plus haut dans la hiérarchie avec avec l'éloignement.

régionaliser les territoires, leur construction ne conduisent pas toutes à des réseaux de villes disjoints permettant de les proposer à la régionalisation. Dans ces cas, l'application de méthodes de partitions appliquées aux graphes représentatifs des réseaux de villes résout le problème.

D. La régionalisation des territoires : regroupements des villes à partir des graphes de relations

Une fois réalisée les mises en réseaux des villes qui, par construction, mettent en évidence en partie, ou dans leur intégralité, des formes particulières d'organisations spatiales, nous procédons aux régionalisations autour de ces mises en réseaux et des graphes (matrices) de relations qu'ils engendrent. Ces régionalisations viennent délimiter ces principales structures des systèmes de villes mises en évidence par les relations. Cela commence par des regroupements régionaux de villes utilisant différents procédés en conservant à l'esprit le fait que ceux-ci doivent satisfaire une contrainte indispensable de continuité ou de contiguïté.

Les résultats graphiques s'inscrivent dans trois catégories de graphes. Il y a tout d'abord les 1-graphes pour lesquels il ne peut exister au plus qu'un lien entre deux villes, dans nos cas, il peut s'agir d'un unique graphe connexe ou des plusieurs sous-graphes disjoints, distincts. Viennent ensuite, les p -graphes dont le nombre maximum de relations directes entre deux villes est égal à p . Puis les arbres (classification, hiérarchie ou autres). À l'intérieur de ces catégories, nous noterons l'existence de graphes assez particuliers composés, pour reprendre la terminologie de J.-P. Barthélémy et d'A. Guénoche (1988), d'arbres « collés » dont certaines feuilles vont se greffer vers d'autres troncs (graphe orienté acyclique, cf. p.125).

Tous les graphes de relations construits ont un point commun essentiel, celui d'intégrer de la contrainte spatiale de proximité ou de « contiguïté » avec des déclinaisons selon les tailles de villes, ce qui contribue à introduire implicitement « du spatial » dans des modèles ou des théories qui n'en intègrent pas. Cela dit, il n'en demeure pas moins que l'ensemble de nos graphes construits peut être analysé comme des graphes valués, des graphes pondérés ou les deux à la fois.

Lorsqu'on évoque les découpages de l'espace, quels que soient leur procédé et leur but, on pense plus souvent au contenant qu'au contenu, plus à la ligne de partage qu'aux éléments et leurs interactions à l'intérieur d'une enveloppe spatiale. L'élaboration de nos découpages, de nos « régionalisations » devrait alors satisfaire deux étapes. La première consisterait à regrouper des villes à l'intérieur d'entités spatiales ayant une certaine cohérence, la seconde à déterminer les frontières, les limites spatiales, entre les groupements des villes.

Toutes nos mises en réseaux de villes permettent de dégager par constructions des composantes plus ou moins connexes allant du graphe unique regroupant toutes les villes jusqu'au graphe à connexité nulle, dont l'ensemble U des arcs ou arêtes, pour reprendre notre terminologie, est vide (aucun arc ou arête entre les villes). Ces mises en réseaux des villes se rangent dans 3 catégories selon les graphes de relations résultants :

- les mises en réseaux dont les sous-réseaux de villes constituent des sous-graphes disjoints (méthodes des « boules à rayon fixe », dans certains cas de « plus proche voisin »,...). Ces méthodes réalisent des régionalisations *a priori*.
- les mises en réseaux constituent un unique l -graphe, résultat de méthodes n'autorisant qu'une seule relation à partir d'une ville telles que « plus proche voisin supérieur », « plus proche voisin de niveau supérieure »,...
- les mises en réseaux constituent un p -graphe résultants de méthodes permettant des relations multiples à partir d'une ville (« n plus proches voisins », « plus proche voisin de chaque niveau supérieur »,...)

Les régionalisations sont donc systématiques concernant la première catégorie dans le sens où elles sont le résultat direct des mises en réseaux. Dans la troisième catégorie, le but n'est pas une régionalisation, bien que nous en présentions des possibilités, mais plutôt une analyse des relations hiérarchiques sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Les méthodes de régionalisations que nous proposons s'appliquent donc principalement sur la deuxième catégorie de graphes de relations obtenus par les méthodes de mises en réseaux selon que les arcs ou arêtes soient valués par les distances, que les nœuds soient pondérés par les tailles démographiques, ou que les nœuds et les arêtes soient pondérés et valués.

D.1. Regroupements sur des critères d'espacements : graphes de relations valués

Cette série de regroupements propose l'utilisation des graphes de relations valués par la distance. On ne tient compte que des mesures d'espacement entre les villes connexes. Cette liste ne se veut pas être exhaustive, et loin de là, mais elle expose quelques procédés simples et utiles en différentes circonstances en se basant sur la suppression d'arcs ou d'arêtes, selon des critères de portée ou diamètre maximal, de nombre de sous-graphes, de maximisation et/ou de minimisation de distances inter et/ou intra-classes.

D.1.1. Portée et diamètre

Il s'agit de supprimer des arcs ou arêtes sur le critère de distances entre les villes selon la métrique utilisée en considérant une portée maximale, un diamètre maximal, un seuil.

Il s'agit alors d'appliquer la méthode des boules fermées avec un rayon égal au diamètre ou à la portée mais non plus sur un ensemble complet de relations entre les villes mais sur une sélection de ces relations représentée par le graphe de relations propre à la méthode de mise en réseaux.

Comment réaliser le choix de ce seuil et pourquoi faire ? Il peut s'agir de sélectionner une valeur de la distance entre deux villes en relation directe au-delà de laquelle aucune relation n'est possible. Cette valeur peut être un seuil remarquable dans le diagramme de distribution des distances, une valeur centrale telle que la médiane pour ne conserver que la moitié des relations, ou un quantile particulier tel que le deuxième quartile pour ne conserver que les $n\%$ des valeurs, par exemple.

En considérant des proximités topologiques par les mesures d'écarts entre les villes, nous pouvons fixer un seuil d'écart entre deux villes bien que connectées de manière indirecte. Par exemple, à partir des villes du bas de la hiérarchie et pour une méthode ascendante hiérarchique (type plus proche voisin supérieur), nous pourrions conserver que dix intermédiaires au maximum.

Nous pouvons utiliser ce type de régionalisation à partir de tous les graphes de relations valués.

D.1.2. Nombre fixé de sous-graphes disjoints

Pour obtenir des sous-systèmes indépendants, il suffit de supprimer un à un les arcs des valuations les plus élevées vers les moins élevées jusqu'à atteindre le nombre souhaité de sous-graphes, à partir du graphe de relation (Nystuen J.D., Dacey M.F., 1961; Ripley B.D., 1976, 1977, 1981). Ce procédé conseillé dans la visualisation et l'analyse des compositions urbaines des réseaux de villes (cf. p.97), revient à appliquer dans le sens inverse le principe des réseaux de voisinages (cf. p.140). L'inconvénient pour ce type de méthode, révélé dans les analyses des espacements, demeure le cas des points isolés dans l'espace qui se retrouvent très rapidement déconnectés pour former chacun un sous-réseau.

D.1.3. Variances dans le graphe : « homogénéité, séparation et inertie »

Nous avons repris les travaux d'Alain Guénoche (2003) sur les partitions de graphes selon les trois critères de distances entre les nœuds.

Le premier des critères consiste à minimiser les distances à l'intérieur des sous-graphes uniquement. C'est ce qu'il appelle le « *critère d'homogénéité* » (du diamètre) : cela revient à minimiser la variance intra-graphe ou intra-classe, en considérant un sous-graphe comme une classe d'objets. Le second critère consiste uniquement à maximiser les distances entre les parties, entre les sous-graphes sans se préoccuper des espacements à l'intérieur de ces derniers. Il appelle cela le « *critère de séparation* ». Dans ce cas, cela revient donc à maximiser la variance inter-graphe ou inter-classe. Le troisième critère retenu est celui de minimiser les distances à un centre, à une ville. C'est ce qu'il appelle « *la fonction d'inertie* », le « *critère d'inertie* ». Il fait référence au centre d'inertie d'un ensemble mécanique qui est le point le moins sensible au mouvement, à la dynamique : il y a là l'idée de point en équilibre. Cette méthode a un sens particulier en termes de recherche de découpages, de régions autour de « métropoles d'équilibre » ou de lieux centraux particuliers. Nous l'utiliserons par ailleurs dans la partie suivante parce qu'elle offre la particularité d'observer et analyser de manière simplifiée des emboîtements d'échelles lorsqu'elle s'applique aux différents arbres des relations hiérarchiques résultat de certaines mises en réseaux. D'autres critères de recherche de l'inertie existent (Guénoche A., 2003).

Ces méthodes de « *séparation* » et « *d'homogénéité* » forment les deux composantes de l'analyse de variance telle que nous l'appliquons en analyse spatiale à

cette différence près qu'elle s'applique à des relations inter-urbaines prédéfinies à travers le graphe valué des relations (un réseau) et non pas à un semis de points. Ces trois critères de regroupements peuvent parfaitement s'appliquer à toutes les mises en réseaux.

Enfin s'agissant de mesures à l'intérieur du graphe, ces différentes partitions peuvent se réaliser selon différentes distances : distance euclidienne, booléenne ou distances d'arbre (Guénoche A., 2003).

D.2. Regroupements sur des critères de populations : graphes de relations pondérés

Des regroupements de villes peuvent être réalisés avec le critère unique de la population. Il s'agit de fixer une population totale au regroupement effectué à partir uniquement des graphes de relations pondérés.

La méthode de discrétisation dite « *clinographique* » consiste à créer des classes de masses égales, des regroupements de villes dont les populations totales sont égales. Appliquée aux graphes, cette méthode revient à entreprendre le regroupement des villes en parcourant les chemins du graphe jusqu'à ce qu'un nombre fixé d'habitants soit atteint : c'est un groupement selon un quota. Son utilisation peut-être multiple mais nécessite toujours le choix de villes à partir desquelles se constituent les regroupements. Dans un p -graphes, la sélection des villes dans le regroupement se fait dans toutes les directions à partir de la ville jusqu'à ce que soit atteint le quota. Dans un arbre, il y a en plus cette dimension hiérarchique qui permet une orientation descendante, à partir des plus grandes villes, ou, ascendante à partir des villes de plus petites tailles. De façon descendante, elle est d'autant plus intéressante que l'on peut supposer des quotas différents selon la taille de la ville à partir de laquelle nous réalisons le regroupement. Nous pouvons, par exemple, calculer un quota en fonction de la taille de la plus grande ville. Nous trouvons dans ce type de regroupement des similitudes avec *la loi de métropolisation*, telle qu'elle est proposée par Fr. Moriconi-Ébrard (1993) et appliquée sur le système de villes algérien par M. Redjimi (2000).

Cette méthode a plus un but analytique qu'opératoire en matière de régionalisation puisqu'elle autorise sur certains graphes des chevauchements de sous-systèmes de villes.

D.3. Regroupements sur des critères de populations et d'espacements : graphes de relations pondérés et valués

Ils s'appliquent sur les graphes de relations dont les sommets sont pondérés et les lignes valués. Ainsi nous pouvons coupler l'ensemble des méthodes de regroupements exposées précédemment pour les graphes pondérés et les graphes valués comme celles de considérer un quota de population ou une portée maximale suivant que l'un ou l'autre soit atteint.

L'application du critère d'inertie sur les graphes particuliers que sont les arbres nous intéresse tout particulièrement. À ces derniers, qui sont le fruit de contraintes d'espacement et de hiérarchie leur donnant une structure particulière, le critère d'inertie revient à rechercher « l'aire métropolitaine » autour de lieux centraux prédéfinies. Il s'agit, alors, de récupérer la collection des descendants d'une ville dans l'arbre. Ce regroupement a certes un inconvénient : celui du choix *a priori* des « points nodaux ». Mais en contrepartie, il tient compte d'une réalité spatiale de hiérarchie de niveau.

Le choix des métropoles se fait presque de manière naturelle. Le premier avantage qu'offre ce choix des lieux centraux autour desquelles vont être constituées des entités régionales est de pouvoir constituer n'importe quelle descendance de ville et ce quelle que soit la taille de cette dernière. Le choix des lieux centraux renseigne sur les niveaux de villes que nous atteignons. En montant dans la hiérarchie, nous pouvons visualiser le changement de système et leurs emboîtements (Pumain D., 1982) (Cf. p.146). Il est préférable que ce choix se fasse sur les tailles de villes, les classes de villes, à partir de la connaissance du méta-système indépendamment de la structure du graphe. C'est donc prendre en compte non seulement les distances à une ville, mais également tenir compte de la taille de la ville d'où la nécessité du graphe pondéré et valué.

D.4. Regroupements à partir de p -graphes

Enfin terminons sur les cas de ces mises en réseaux qui conduisent à un ou des p -graphes et que nous avons considéré comme le résultat de la troisième catégorie de mises en réseaux.

Ces méthodes ne conduisent pas souvent à des sous-graphes disjoints. Elles mettent en avant les appartenances à différents systèmes de même niveau ou de niveaux différents. C'est ce que préconisent évidemment les méthodes qui autorisent des liens

multiples et reflètent un fait, celui que les villes peuvent appartenir à plusieurs régions en même temps. Le but essentiel de ce genre de réseaux n'est pas de régionaliser mais d'analyser en terme de multi-niveaux, de centralité etc. Le but n'est donc pas de rechercher à tout prix des regroupements mais de mieux connaître les relations hiérarchiques entre les villes et d'étudier un à un les différents niveaux de villes, les multi-relations et les rapports entre les différents niveaux d'appartenance d'une ville. C'est notamment par le biais de telles méthodes qu'est envisagée l'analyse des systèmes emboîtés multi-niveaux.

C'est ce nous développons tout particulièrement dans notre seconde partie consacrée à l'analyse d'un système de peuplement antique.

Ceci dit nous pouvons être amenés à exiger une régionalisation et dans ce cas plusieurs possibilités s'offrent à nous. Dans le cas où nous privilégions le niveau supérieur nous pouvons considérer que ces villes appartiennent d'abord à la région de la ville de la classe la plus élevée à laquelle elle est reliée. Dans ce cas pour lequel nous privilégions le niveau inférieur et le réseau « local », ces villes appartiennent d'abord à la région de la ville de la classe la moins élevée à laquelle elle est reliée. Une autre solution est de comparer le poids des villes de classes supérieures dans les deux sous-graphes. Enfin, en se focalisant sur les espacements et les tailles de villes s'offrent également plusieurs possibilités : la distance la plus réduite à la ville la plus grande ; le moins d'intermédiaire à la ville la plus haute (quelque soit la distance euclidienne)...

On comprendra très vite qu'une multitude de regroupements sont envisageables selon la problématique posée, mais à l'évidence plus p est grand, moins la dissociation sera réalisable.

D.5. Conclusion sur le « vrai » problème de la délimitation

Le problème de la délimitation n'est pas considéré dans notre travail comme un « faux problème », pour reprendre l'expression d'A. Dauphiné (1979), mais comme un autre problème que nous abordons uniquement pour donner quelques pistes à la recherche de véritables limites.

Il est vrai qu'il est écrit dans le titre de cette thèse : « régionalisation » ; on s'attendrait alors, peut-être, à la création de maillages. Pour réaliser ces maillages, il faudrait adopter une approche territoriale qui prenne en compte l'ensemble des plus petites entités spatiales pour une délimitation précise de mailles d'agrégats de ces mailles

élémentaires. Dans les analyses effectuées notre seconde partie, d'une part, les ensembles de villes des espaces considérés ne seront pas exhaustifs, et, d'autre part, les villes sont appréhendées comme des points dans un espace, ce qui nous conduit à ne pas penser limites régionales mais simplement à donner les éléments constitutifs des regroupements.

Il me semble que s'il doit être appliqué une méthode alors elle doit tenir compte à la fois des localisations et des poids des villes. A partir des regroupements effectuées, nous évoquons ici la possibilité d'appliquer à ces villes et leur espacement une méthode géométrique du type « diagramme de Voronoï » en tenant compte des poids des villes et des distances (Hangouet J.-F., 1998 ; Voiron Chr., 1995¹⁰⁰).

¹⁰⁰ Pour une entrée et une illustration de ce type d'application, sur un cas concret, nous renvoyons volontiers vers les délimitations des départements et des provinces français et espagnols à partir du diagramme de Voronoï, sans taille de villes (Voiron Chr., 1995, pp.128-130)

Conclusion

Ce chapitre nous a conduit des représentations de graphes, dans lesquels les points et les lignes ne sont ni pondérés ni valués, aux représentations des réseaux de villes par des graphes valués et pondérés. Dans cette représentation, la taille de la ville est la pondération, l'espace entre deux villes est la valuation.

Les contraintes posées sur les espacements et les rapports de tailles entre deux villes pour créer une relation entre elles, permettent d'introduire à la fois les caractéristiques des systèmes de villes, en général, et celles du système étudié, en particulier. Elles sont une caution de la pertinence du choix d'une représentation des interactions spatiales entre les villes.

Les partitions des graphes de relations, lorsque cela s'avère nécessaire, conduisent à une possible régionalisation des territoires autour des réseaux de villes ainsi mis en évidence.

Selon que les réseaux servent à la régionalisation ou simplement à l'analyse des organisations spatiales, les réseaux de villes sont construits soit sur un principe de hiérarchie administrative ou sur un principe de marché, lorsque les relations sont hiérarchiques, soit sur des contraintes de voisinages ou de proximités lorsque les relations ne sont pas hiérarchiques (Tableau 6, ci-dessous).

		Réseaux hiérarchisés emboîtements de systèmes		Réseaux de voisinages et de proximités sans hiérarchie	
		Hiérarchie administrative	Principe de marché	Réseaux de proximités	Réseaux de voisinages
Critère de taille	par les valeurs	Plus proche voisin supérieur	2 à (n-1) plus proches voisins supérieurs	Plus proche(s) voisin(s) d'ordre 1 à (n-1)	Boule de rayon r
		Plus proche voisin x fois supérieur			
	par les niveaux	Plus proche voisin de niveau supérieur	Plus proche(s) voisin(s) de niveaux supérieurs d'ordre 2 à (K-1)		
			Plus proche voisin de chaque niveau supérieur		

Tableau 6 : synthèse des méthodes de mises en réseaux

Si l'objectif est la régionalisation d'un territoire, les méthodes du *plus proche voisin supérieur*, du *plus proche voisin x fois supérieur* ou du *plus proche voisin de niveau*

supérieur seront privilégiées. Si l'objectif est d'analyser les organisations spatiales, alors sont privilégiées les méthodes des 2 à $(n-1)$ *plus proches voisins supérieurs*, des *plus proches voisins de niveaux supérieurs d'ordre 2 à $(K-1)$* ¹⁰¹ ou du *plus proche voisin de chaque niveau supérieur*, si les relations sont hiérarchiques, sinon les méthodes de *plus proche(s) voisin(s) d'ordre 1 à $(n-1)$* ou de la *boule de rayon r* .

Tous les réseaux d'interaction spatiale construits sur le principe administratif sont représentés par des arbres. Tous les réseaux construits sur le principe de marché sont représentés par des arbres « collés par les feuilles ou par les branches » dont la complexité augmentent avec le nombre de relations permises et le nombre de niveau de villes.

Les réseaux de villes résultants de différentes méthodes conduisent vers des structures spatiales différentes. Les « performances » de ces mises en réseaux et des régionalisations seront évaluées dans la seconde partie à partir d'une application sur le système de villes européennes (cf. Chapitre 5, p.217).

Enfin rappelons le principe selon lequel, bien que un certain nombre de méthodes créent des graphes orientés leur représentation graphique ne distinguera jamais de sens, en adéquation avec les représentations des interactions spatiales, des inter-relations.

¹⁰¹ n est le nombre de villes, K le nombre de niveaux.

Conclusion

Cette partie a permis de poser les bases méthodologiques des mises en réseaux de villes à partir de connaissances sur les systèmes de villes. En prenant compte les tailles des villes et leur localisation, ce sont les propriétés majeures et le fonctionnement général des systèmes de villes et les caractéristiques particulières à chaque système étudié qui sont introduites dans la représentation des interactions spatiales entre les villes.

Les *réseaux hiérarchisés de villes* sont les résultats de l'application des deux principes d'emboîtements, stricts et non stricts, de hiérarchies de niveaux dont les buts sont la régionalisation et l'analyse des territoires : ce sont

Ces mises en réseaux et les méthodes de partitions appliquées aux représentations graphiques des emboîtements hiérarchiques stricts permettent de proposer des réseaux de villes pour la régionalisation des territoires. Cette régionalisation n'est cependant pas réalisée puisque le dessin des frontières des réseaux de villes n'est pas effectué. On pourra considérer cette frontière comme floue entre les réseaux deux à deux disjoints. Parce que nous disposons des informations sur la taille et la localisation des villes des réseaux, les structures spatiales de ces « nouveaux » territoires peuvent être révélées par les analyses de leur répartition spatiale, leur organisation hiérarchique et leur distribution spatiale.

Dans le cas des représentations des emboîtements de hiérarchies non stricts, les représentations des interactions spatiales sont destinées à mieux comprendre l'organisation spatiale par l'analyse des relations hiérarchiques, de proximités et de voisinages entre les villes. Les analyses permises ont trait aux évaluations des polarisations, des centralités, des positions relatives des villes à l'intérieur d'un système de villes.

Les *réseaux de proximité et de voisinage* proposent la représentation des relations de proximités et de voisinages, sans intégrer les tailles de villes. Cette mise en réseaux des villes permet de spatialiser l'information relative aux mesures de voisinage et de proximité.

En posant ces bases conceptuelles et méthodologiques pour la représentation des interactions spatiales, nous disposons de tous les éléments pour la mise en réseaux des villes pour régionaliser et analyser les territoires.

Dans la seconde partie, nous appliquons ces méthodes à deux exemples concrets, aux problématiques et échelles différentes, ce qui permettra, tout en répondant à chacun des questionnements, « de mesurer les performances » des méthodes de mises en réseaux.

Partie 2.

Mise en réseau de villes : deux applications

Cette seconde partie propose de mettre en application les méthodes de représentation des interactions spatiales à partir de deux problématiques différentes, sur des territoires aux échelles diamétralement opposées. Elles permettront de donner du sens aux résultats des mises en réseaux de villes.

La première application est originale par son champ d'application, l'archéologie spatiale, directement issue de la rencontre entre l'analyse spatiale et l'archéologie (*Chapitre 4., p.179*). Elle consiste, à une date donnée, à mettre en réseaux des sites archéologiques dans un système local de sites, qui s'apparentent à des villes en systèmes, pour dégager les principales structures spatiales de son organisation. Cela s'effectue par une double modélisation des interactions spatiales. La première conduit à une régionalisation du territoire par l'application d'une mise en réseaux des villes selon un principe administratif. La seconde propose une représentation des interactions spatiales selon le principe de marché. L'ensemble contribue à mieux comprendre l'organisation spatiale du territoire de la Cité antique de Luteva (Lodève, Hérault, France) durant la période du Haut-Empire (I^{er} – III^e s. ap. J.-C.).

Une deuxième application est faite à une échelle continentale (*Chapitre 5., p.217*). Il s'agit, à partir des mises en réseaux des villes du système de villes européennes, de construire une régionalisation du territoire européen pour définir un « arc méditerranéen latin » (comprenant des réseaux de villes situés le long de la façade méditerranéenne de l'Espagne à l'Italie). La mise en réseaux des villes s'effectue alors sur un principe d'emboîtement de hiérarchies de niveaux de type administratif et les regroupements s'effectue autour de métropoles de dimension européenne. Les analyses des organisations spatiales des réseaux méditerranéens de villes puis celles des réseaux européens de villes dégagent les principales structures des réseaux de villes européens et permettent par là « d'évaluer les performances » des méthodes. Elles permettront en outre de montrer comment cette régionalisation du territoire européen conduit à des réseaux de villes qui soient les plus « homogènes » qui soit en tenant des caractéristiques du système de villes étudié.

Chapitre 4.

Mise en réseau fonctionnel pour une aide à l'analyse de l'organisation d'un territoire antique.

Le cas de la Cité de *Luteva*

Depuis de nombreuses années et sous l'impulsion d'archéologues tels que Ian Hodder et Clive Orton et leur *Spatial analysis in archaeology* (1976) ou Philippe Leveau et ses travaux sur *Cherchell* (1984), l'analyse spatiale est utilisée pour répondre à des problématiques archéologiques dans lesquelles l'espace n'est plus considéré comme un simple support (Garney P., 2002). Cette branche de l'archéologie, appelée par analogie l'archéologie spatiale, aborde les analyses des dynamiques de systèmes de peuplement, des localisations ou des interactions spatiales par le biais de l'analyse spatiale. Elle est, aujourd'hui, à l'archéologie ce que l'analyse spatiale est à la géographie.

Pour les géographes, une des références de l'application du savoir-faire des analystes spatiaux pour l'étude d'une organisation spatiale en archéologie est *Archaeomedes* (1998). Ce travail mit en collaboration des archéologues et des géographes, et permit d'avoir une meilleure connaissance du système de peuplement d'une vaste région articulée autour de la basse vallée du Rhône (France). Notre contribution s'inspire très largement de la dernière partie de cette collaboration qui concerne l'analyse spatiale du territoire (*Archæmedes*, 1998, pp.151-248).

Les travaux présentés dans le cadre de ce chapitre sont le fruit d'une collaboration étroite avec des archéologues durant trois années. Ces travaux présentent le volet

« méthodologie et modélisation » que j’ai développé dans une plus large étude menée en collaboration avec deux archéologues et une géographe¹⁰². Ils s’appuient sur le territoire de la *Cité* antique de *Luteva* (aujourd’hui Lodève, Hérault, France) durant le Haut-Empire (I^{er} –III^e s. ap. J.-C.). Le terme de *Cité* fait référence à la Cité antique composée de la capitale, une ville et son territoire.

Malgré les nombreux travaux archéologiques réalisés sur ce territoire (Appolis E., 1936 ; Schneider L., Garcia D., 1998 ; Garmy P., Schneider L., 1998), les données relatives aux sites sont « *minimalistes* » (Garmy P. *et al.*, 2005) et la connaissance sur l’occupation du sol de cette Cité antique reste limitée. Bien que les informations ne soient pas identiques entre un tel ensemble de sites antiques et un système de villes récent, sur lequel une multitude d’informations est disponible, les réflexions menées dans *Archaeomedes* (1998) puis par P. Garmy (2002) nous permettent d’envisager le transfert des connaissances sur le fonctionnement hiérarchique des systèmes de villes à l’analyse du fonctionnement hiérarchique à l’intérieur d’une Cité. Ainsi, les connaissances du territoire et de l’époque apportées par les archéologues associées aux connaissances théoriques et méthodologiques sur le fonctionnement des systèmes de villes, vont permettre d’apporter des éléments spatiaux nouveaux sur une hypothétique organisation spatiale de la Cité de *Luteva*.

Pour tenter de dégager les grands traits de cette organisation spatiale, nous proposons d’appliquer des méthodes de mises en réseaux des sites et une modélisation appropriée qui intègre des logiques de fonctionnement d’un système spatial et ses contraintes physiques et rende compte des pratiques spatiales de cette période. À la différence de ce qui se pratique en matière d’analyse d’organisations spatiales par ces procédés, notamment ceux utilisés dans *Archaeomedes*, nous proposons une approche sensiblement différente. En effet, l’étude de l’organisation spatiale croise des données archéologiques et l’analyse spatiale au sein d’un Système d’Informations Géographiques. Cette mise en place méthodologique et technique intégrant les contraintes orographiques et hydrographiques dans les mesures d’espacements permet de s’affranchir des distances à vol d’oiseau et de proposer des distances-temps dans les valuations des graphes générés. Les relations de proximités hiérarchiques servent alors à mettre en évidence des réseaux locaux d’habitats et à dégager les principales polarisations autour des sites de différents niveaux de la hiérarchie susceptibles de représenter l’organisation spatiale de la Cité.

¹⁰² Pierre Garmy (UMR 5140, Montpellier-Lattes), Laurent Schneider (UMR 6572, Aix-en-Provence) et Céline Rozenblat (UMR 6012 Espace, Montpellier), (Garmy P. *et al.*, 2005)

Ce chapitre adopte un plan « classique » en reprenant le cheminement emprunté lors de la mise au point de cette étude des sites archéologiques et de leur territoire, aux réseaux locaux d'habitats en trois étapes.

Le premier sous-chapitre, « *La Cité antique de Luteva* » (p.182), présente succinctement le territoire de la Cité, ses caractéristiques physiques, un court inventaire de l'organisation de la société et du peu de connaissance de l'organisation territoriale, les sites archéologiques, leur hiérarchie et leur répartition. Cela permet de préciser la problématique et les doutes des archéologues sur l'organisation antique du territoire.

Le second sous-chapitre, « *Pour la mise en réseaux des sites* » (p.191), sur la base des connaissances édictées dans le premier sous-chapitre, pose l'ensemble du corpus méthodologique utilisé et détaille les étapes de la modélisation, notamment celle des déplacements des individus pour mesurer les distances-temps entre les sites, les chemins empruntés lors de ces mouvements qui revêtent une importance capitale dans la validité du modèle.

Le troisième sous-chapitre, « *Mises en réseaux fonctionnels des sites : analyses et performances* » (p.203), concerne directement les mises en réseaux des sites archéologiques en créant deux réseaux de proximités hiérarchisés. Ces mises en réseaux permettent en définitive de proposer une régionalisation du territoire autour des grands sites et une analyse de l'emboîtement de niveaux des réseaux locaux susceptible de représenter l'organisation du territoire antique.

A. La Cité antique de *Luteva*

Une connaissance minimale du territoire de la Cité de *Luteva* durant cette période du Haut-Empire est donc indispensable pour mieux comprendre l'application et les orientations prises dans la modélisation. Elle passe alors par une familiarisation avec les sites archéologiques, avec l'organisation des sociétés et le peu d'informations sur l'organisation du territoire, pour aboutir à une classification de niveaux des sites pour une meilleure représentation de l'organisation hiérarchique de la Cité.

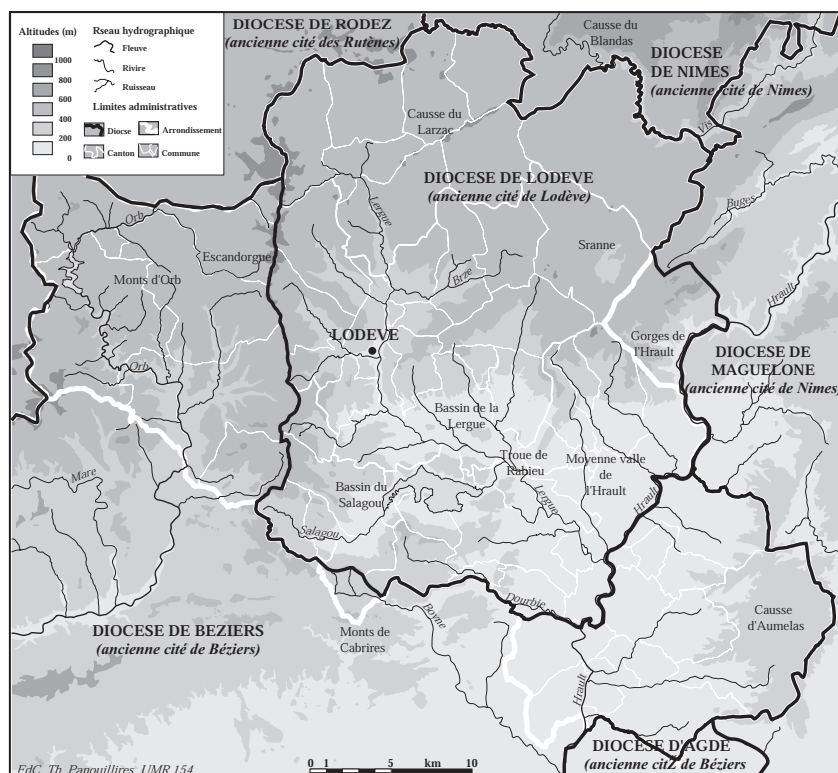
A.1. Le territoire de la Cité : le Lodèvois et ses sites archéologiques

Pour situer le territoire dans son contexte historique, la carte réalisée par les archéologues montre les différentes mailles des diocèses qui entourent celui de *Luteva*. Durant cette période, la Cité de *Luteva* est entourée de plus grandes Cités : celles de Nîmes, Béziers et Rodez (Carte 1). Le territoire s'étire alors approximativement sur 25 km d'est en ouest, et sur 30 km du nord au sud.

Une des questions récurrentes en matière d'analyse de l'organisation spatiale de ce territoire durant cette époque, émanant des archéologues, est le rôle que pouvait jouer la capitale du territoire *Lodève* dans le système local (Garmy et *al.*, 2005). En effet, il se peut que la place importante attribuée à *Lodève* dans ce système local soit due uniquement aux fonctions administratives attribuées à la capitale par les *Romains*. Le doute demeure. Nous reviendrons plus loin sur ce questionnement.

La situation actuelle de ce territoire, plus claire, pourrait posséder des analogies avec celle du territoire antique du point de vue de la place de Lodève dans le réseau urbain local. En effet, Lodève est une sous-préfecture du département de l'Hérault, située à une quarantaine de kilomètres de Montpellier, comptant près de 7 000 habitants. Le rôle de capitale administrative de Lodève est contesté par un rôle économique plus fort de sa voisine Clermont-l'Hérault, 6 500 habitants, située à 23 km, et dépourvue de fonctions administratives départementales. Selon le recensement de l'INSEE (1999), la majeure partie des indicateurs de forces économiques sont plus élevés pour Clermont-l'Hérault que pour Lodève : en matière d'équipements commerciaux (185 contre 121), de services

(247 contre 169), d'emplois (3 008, contre 2 504)... Mais Lodève est devenu un passage obligatoire depuis l'ouverture de la route sur le Pas de l'Escalette (au XII^e siècle) aujourd'hui emprunté par l'A75 (Clermont-Ferrand-Béziers) même si elle n'est pas un lieu d'arrêt obligatoire. N'était-ce pas le cas il y a près de 2000 ans ?



Carte 1 : Le territoire de *Luteva* pendant le Haut-Empire

Les premières observations montrent un territoire très marqué sur le plan physique. Nous distinguons une franche coupure dans le relief, entre une plaine au sud, située à moins de 300 mètres, et le Causse du Larzac au nord, au-dessus de 600 mètres (Carte 1, p.183). Se distinguent dans les hautes altitudes le massif de l'Escandorgue à l'Ouest du diocèse de Lodève, aux frontières des diocèses de Rodez et Béziers.

Le réseau hydrographique très dense est organisé autour du fleuve Hérault et de son affluent majeur, la Lergue. La Carte 2 (p.185) montre l'ensemble de ce bassin hydrographique, comprenant tous les cours d'eau de notre territoire d'étude. Le bassin de la Lergue forme un treillage central, entre le plateau et la plaine. Avant d'atteindre le fleuve, la Lergue emprunte un passage remarquable marquant la fin de la transition entre plateau et plaine : la Trouée de Rabieu. Enfin, pour repère, le bassin du Salagou est aménagé en lac depuis 1968.

Pendant cette période du Haut-Empire, le territoire de la Cité compte 72 sites archéologiques connus (Tableau 7, p.184) (Schneider L., Garcia D., 1998). Pour chacun d'entre eux, seules deux caractéristiques sont conservées pour réaliser l'analyse. La première est la localisation des sites, donnée par leurs coordonnées géographiques, rendant possible l'analyse de leur répartition. La seconde est la superficie des sites, représentant la surface au sol des découvertes d'artefacts (Garcia D., Schneider L., 1998 ; Garmy P. et al., 2004).

Par souci d'une meilleure assimilation de cette base de données et du territoire d'étude, le nom de la commune actuelle sur laquelle le site a été découvert est également renseigné. Pour rendre la cartographie lisible, nous avons codé ces sites de 1 à 72. Tous les noms des sites archéologiques sont écrits en italique dans le texte et le site « ville », codé par le n°72, localisé sur la commune actuelle de Lodève, est nommé dorénavant *Lodève*. Le nom *Luteva* correspond au territoire de la Cité dans son ensemble.

n°	Nom du site	Commune actuelle	Surface (ha)
1	<i>L'Arnet-nord</i>	Arboras	0,35
2	<i>Loiras</i>	Le Bosc	0,05
3	<i>Pétout</i>	Le Bosc	0,10
4	<i>Les Garels</i>	Brignac	0,50
5	<i>Clauzal-de-las-Arnes</i>	Le Caylar	1
6	<i>Las Fourques</i>	Le Caylar	2,25
7	<i>Mas Rouvières</i>	Ceyras	0,45
8	<i>St-Pierre-de-Leneyrac</i>	Ceyras	0,10
9	<i>Les Roujals</i>	Ceyras	0,03
10	<i>La Mouline</i>	Ceyras	0,80
11	<i>La Madeleine</i>	Clermont-l'Hérault	0,45
12	<i>Devant-de-Ceyras</i>	Clermont-l'Hérault	0,05
13	<i>Gorjan</i>	Clermont-l'Hérault	1,20
14	<i>St.-Peyre</i>	Clermont-l'Hérault	0,50
15	<i>L'Estagnol</i>	Clermont-l'Hérault	0,20
16	<i>La Quintarié</i>	Clermont-l'Hérault	0,30
17	<i>Peyre-Plantade</i>	Clermont-l'Hérault	10
18	<i>Bézérac</i>	Clermont-l'Hérault	0,05
19	<i>Fouscaïs</i>	Clermont-l'Hérault	0,10
20	<i>Pioch Fourcaud</i>	Clermont-l'Hérault	0,10
21	<i>Sarac</i>	Clermont-l'Hérault	0,10
22	<i>Le Peyrou</i>	Clermont-l'Hérault	0,07
23	<i>La Thorie</i>	Clermont-l'Hérault	0,04
24	<i>Les Servières</i>	Clermont-l'Hérault	0,1
25	<i>Les Clavelières</i>	Clermont-l'Hérault	0,32
26	<i>Les Sambuchs</i>	Le Cros	0,3
27	<i>La Guinée</i>	Le Cros	4,5
28	<i>Cornils</i>	Lacoste	2,5
29	<i>Les Rompudes</i>	Lacoste	0,03
30	<i>Mas-Audran</i>	Lacoste	0,05
31	<i>Callas</i>	Liausson	0,05
32	<i>Mas-de-l'Eglise</i>	Liausson	0,05
33	<i>Les Vals</i>	Lodève	0,08
34	<i>Cazanove</i>	Montpeyroux	0,2
35	<i>Naves</i>	Mourèze	0,45
36	<i>Les Faïsses</i>	Mourèze	0,4

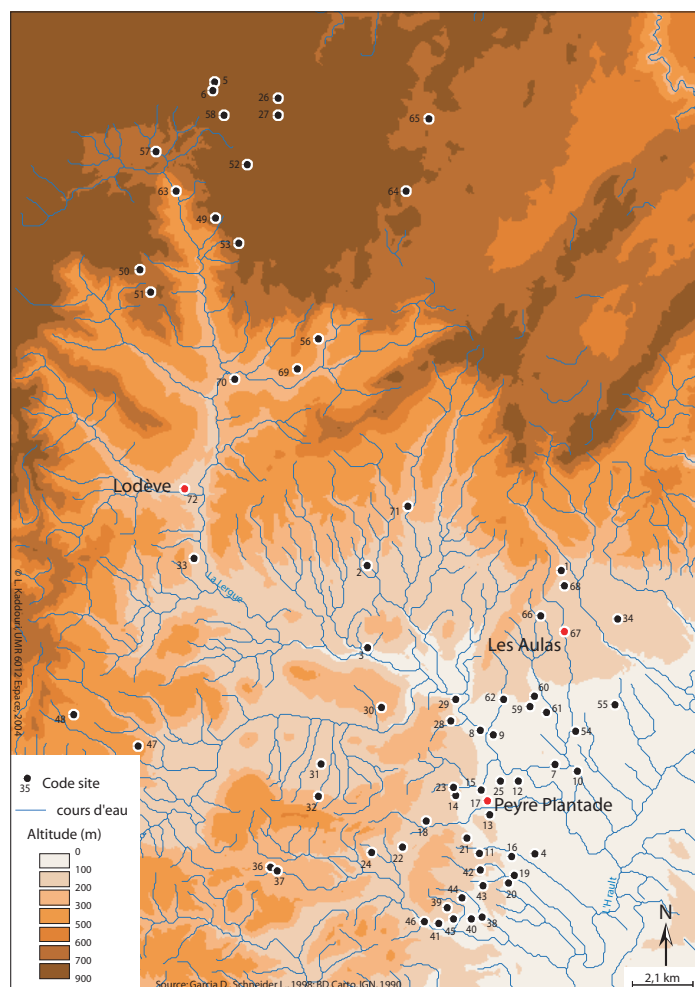
n°	Nom du site	Commune actuelle	Surface (ha)
37	<i>La Rouquette</i>	Mourèze	0,6
38	<i>Pichaures</i>	Nébian	1
39	<i>Les Traversiers</i>	Nébian	0,05
40	<i>Les Vignès</i>	Nébian	0,25
41	<i>Campaurs</i>	Nébian	0,05
42	<i>Les Mouillères</i>	Nébian	0,1
43	<i>Lou Cun</i>	Nébian	0,05
44	<i>La Prade</i>	Nébian	0,02
45	<i>Campaurs-haut</i>	Nébian	0,1
46	<i>St-Jean-de-la-Dourbie</i>	Nébian	0,02
47	<i>Plan de Basse</i>	Octon	0,02
48	<i>Mas Pandit</i>	Octon	0,05
49	<i>Les Signoles</i>	Pégairolles-de-l'Escal.	0,1
50	<i>Mas-du-Caylar</i>	Pégairolles-de-l'Escal.	0,1
51	<i>Soubre Pioch</i>	Pégairolles-de-l'Escal.	2,5
52	<i>Les Barasquettes</i>	Pégairolles-de-l'Escal.	0,1
53	<i>Puech-Doussieu</i>	Pégairolles-de-l'Escal.	0,1
54	<i>Coussenas</i>	St.-André-de Sangonis	0,4
55	<i>Sainte-Brigitte</i>	St.-André-de Sangonis	0,3
56	<i>Pont-Rose</i>	St.-Etienne-de-Gourgas	0,05
57	<i>Le Martouret</i>	St.-Felix-de-l'Héras	1,25
58	<i>La Baraque</i>	St.-Felix-de-l'Héras	0,8
59	<i>Saint-Julien</i>	St.-Felix-de-Lodez	0,6
60	<i>Chemin de St.-Saturnin</i>	St.-Felix-de-Lodez	0,15
61	<i>Pépissous</i>	St.-Felix-de-Lodez	0,4
62	<i>Les Clapouses</i>	St.-Felix-de-Lodez	0,85
63	<i>La Prade</i>	St.-Michel-d'Alajou	0,06
64	<i>La Vernède</i>	St.-Michel-d'Alajou	0,3
65	<i>La Panouze</i>	St.-Michel-d'Alajou	2
66	<i>Notre-Dame-de-Figuières</i>	St.-Saturnin	1
67	<i>Les Aulas</i>	St.-Saturnin	7
68	<i>Chemin-de-Montpeyroux</i>	St.-Saturnin	0,1
69	<i>Chemin-Farrat</i>	Soubès	0,06
70	<i>St.-Cyprien</i>	Soubès	0,35
71	<i>La Valette</i>	Uscas-du-Bosc	0,25
72	<i>Ville</i>	Lodève	20

Tableau 7 : les sites archéologiques

Une première analyse succincte du semis montre que la répartition des sites suit globalement la césure spatiale observée pour l'orographie, avec deux agrégats bien séparés (Carte 2, p.185). Le premier agrégat est formé des sites situés dans la plaine, dans la moyenne vallée de l'Hérault autour des *Aulas*, entre Lergue et Dourbie autour de

Peyre-Plantade. Il est composé de près des deux tiers des sites du territoire tous situés sur la rive droite de la vallée de l'Hérault. Le second agrégat est formé des sites localisés sur le plateau. Quelques autres sites sont dispersés sur le reste du territoire.

En adoptant une métrique euclidienne, et en mesurant les distances à vol d'oiseau entre les sites, il apparaît que *Lodève* a une position centrale quasiment à mi-chemins entre les deux agrégats (environ 10 km et 15 km des deux agrégats). Cependant, du fait d'un nombre plus élevé de sites dans la plaine, le point médian, barycentre du semis des sites affectés du même poids, se situe près du site du *Mas Audran* (n°30).



Carte 2 : la répartition spatiale des sites

La concentration des sites dans la plaine ne s'explique pas par un nombre plus grand des prospections dans la plaine par rapport au reste du territoire de la Cité. Malgré de nombreuses fouilles, certaines parties prospectées n'ont jamais fait ressortir une quelconque occupation ancienne des sols, notamment à l'intérieur du triangle *Les Vals* (n°33), *Mas-Audran* (n°30) et *Mas Pandit* (n°48).

A.2. L'organisation du territoire antique et de sa société

L'organisation du territoire de la Cité est le cœur même de notre application. Elle se réduit à une connaissance archéologique relativement pauvre résumée dans cette section.

Elle concerne d'abord les informations sur les sites archéologiques et leur niveau de fonctions, de services et de commerces, qui permettraient de positionner chacun d'entre eux dans l'organisation hiérarchique. Pour ces périodes, les indicateurs des positions des sites dans la hiérarchie ont trait aux équipements recensés, aux caractéristiques des objets retrouvés (poterie, fer, ...), aux surfaces des édifices et des sites, aux types d'architecture, ou autres matériaux utilisés pour les constructions. De ce point de vue, les indicateurs sont faibles (cf. p.192), si ce n'est une connaissance assez précise et généralisée de la surface des sites correspondant aux surfaces sur lesquelles ont été retrouvé des objets divers et notamment beaucoup de poteries rougeâtres typiques de la période romaine, les sigillés. Une certaine stabilité des travaux apparaît toutefois sur les positions des sites du haut de la hiérarchie, toujours occupées par les sites de *Lodève*, *Les Aulas* et *Peyre-Plantade*. De l'ensemble des travaux, le cas de *Lodève*, capitale de la Cité, ressort par les questionnements qu'il suscite sur son rôle dans le système local.

Comme pour la majorité des cas de villes de piémont, *Lodève*, située sur le piémont entre Causse et Plaine, devait posséder une position privilégiée. Dans son cas, c'était celle de se situer sur l'itinéraire de la plaine vers le plateau, du littoral à la vallée du Tarn et à *Rodez* (Février P.-A., Barral i Altet X., 1989). Il se pourrait même que le site ait été un relais du nord au sud, sur la route de la sigillé entre *La Graufesenque* (Millau), site dans lequel existait une très grande fabrique de ce matériau, et les ports méditerranéens au sud. Le site de *Lodève* est alors considéré comme le site central du système local. Néanmoins, des travaux récents montrent que *Lodève* n'était pas ce passage obligé entre plaine et littoral (Guy M., Delfieu R, 2003) et que la centralité de la capitale de la Cité était plus le résultat de « *sa position médiane... que de son insertion imparfaite dans les réseaux de communications et des pôles de peuplement local* » (Garmy P. et al., 2004). Alors que nous avons utilisé la valeur admise jusque-là de 22 hectares pour *Lodève*, de très récents travaux révèlent une certaine faiblesse de l'indicateur de surface pour ce site. Ils font état « *d'une surface potentiellement urbanisée pendant l'Antiquité* » variant de 6 à 7 ha (Garmy P. et al., 2004). Ces travaux continuent d'alimenter les interrogations sur « *la*

place de la ville dans sa Cité et son rôle dans l'organisation géopolitique de la province romaine » de la Narbonnaise (Garmy P. et al., 2004).

Les cas des deux autres sites du haut de la hiérarchie sont moins flous. De nombreux éléments évoquent l'image d'une place jouant un rôle central dans le système local. *Les Aulas* est déjà reconnu comme un grand pôle possédant en périphérie deux quartiers dans lesquels sont situées des fabriques de céramique sigillée (Garmy P. et al., 2004). Les informations sur *Peyre-Plantade*, plus nombreuses encore, démontrent son rôle majeur : unités de production viticole, habitations avec des cours intérieures, faubourgs, fonctions de relais routier (Bermond I., Pomarède H., Rascalou P., 2002).

Enfin, il faut signaler deux points ayant pu être jugés comme influents sur l'organisation de l'habitat. Le premier est la qualité des sols qui ne joue aucun rôle notoire sur l'organisation de l'habitat ou sur la localisation des fabriques de sigillés, par exemple. Le second est que le Causse ne dispose pas, *a priori*, de ressources indispensables aux sites de la plaine et à l'inverse la plaine n'est pas le potager du plateau, ce qui conduit à dire que les mouvements des biens et des personnes n'étaient pas obligatoires du plateau à la plaine, et réciproquement.

A.3. La hiérarchisation des sites archéologiques

La connaissance de l'organisation hiérarchique du système de la Cité est indispensable pour créer les relations de proximités hiérarchiques. Dans les travaux d'*Archaeomedes*, la hiérarchie des sites est fonction de nombreuses informations (variables) sur l'occupation du sol ... et les fonctions des sites : qualité et quantité des objets retrouvés, superficie, architecture.... Bien que cela montre une bien meilleure connaissance sur le territoire antique de la basse vallée du Rhône que celui du Lodévois, les auteurs mettent en garde sur la redondance de l'information introduite par des variables autocorrélées, provoquant la surestimation du poids de certains sites. À l'opposé de cette situation, les informations disponibles sur les sites du Lodévois ne permettent pas d'établir des classements « empiriques » des sites sur la seule base des connaissances archéologiques.

Dans ce contexte historique, P. Garmy¹⁰³ fait état d'une forte corrélation entre les surfaces des sites archéologiques et le niveau des équipements « urbains ». Ces

¹⁰³ Lors d'une réunion de travail.

équipements urbains étant eux-mêmes en relation avec les fonctions de la ville, il peut être raisonnablement posé l'hypothèse selon laquelle plus la surface d'un site est grande, plus sa position dans la hiérarchie est haute. D'autres informations (Garmy P. et *al.*, 2004) révèlent qu'aucune spécialisation importante est attribuée aux sites du Lodévois.

Notre hiérarchie des sites de la Cité pour cette période s'établit alors uniquement sur le critère de la surface, seule information sur la taille d'un site susceptible de traduire son niveau de fonction et sa position hiérarchique, par conséquent son poids dans le système. Cependant, une différence d'un centième d'hectare entre deux sites ne peut exprimer une supériorité absolue de fonctions d'un site sur l'autre avec toutes les incertitudes qui entourent les superficies exactes des sites. Pour gommer cette imperfection, la réalisation de niveaux de sites semble plus correcte.

P. Garmy (2002) en décrivant les organisations hiérarchiques des territoires antiques sous la forme d'un arbre hiérarchique (du bas vers le haut de la hiérarchie : plusieurs niveaux de *Vicus*, puis les chef-lieux de Cité, pour atteindre la capitale de Province) confirme la possibilité d'entrevoir ces organisations de système de sites comme celles des systèmes de villes. La complexification des fonctions suit cette hiérarchie. Après avoir ordonné les valeurs de surfaces, l'analyse de la forme hiérarchique de leur distribution rang-taille (rang-surface) montre que l'organisation suit la règle de Zipf. Le nombre de sites diminue du bas vers le haut de la hiérarchie.

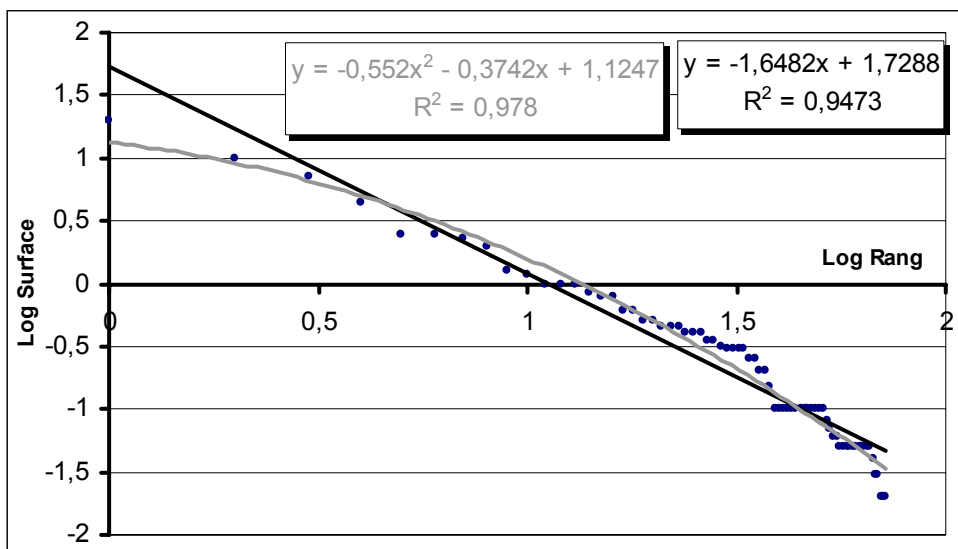


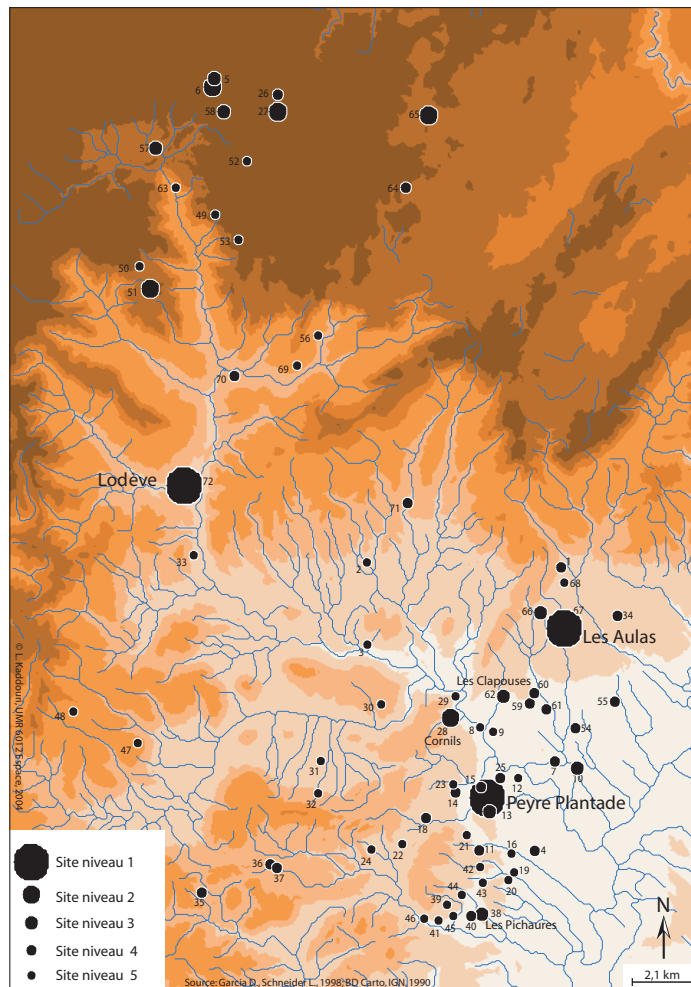
Figure 35 : la distribution rang-taille des sites

La forme de la courbe (Figure 35, ci-dessus) rappelle celle d'un système de villes dit « fédéral ou régionalisé » pour lequel l'indice de primatie, également indice de macrocéphalie, vaut 2. La droite d'ajustement de la distribution bi-logarithmique montre une sous-représentation des sites moyens (coefficient de la polynomiale égal à -0.552). Cette courbe offre surtout la possibilité d'observer de nettes ruptures dans la continuité de progression (ou diminution) traduisant de grandes différences de tailles entre certaines villes successives de la hiérarchie. Après avoir été analysées et approuvées par les archéologues, ces discontinuités, qui permettent de conserver la règle de Zipf par niveau de villes (Tableau 8, ci-dessous) constitueront les seuils des niveaux de sites (Garney P. et al., 2005). Nous définissons ainsi « une hiérarchie de niveau » (Pumain D., Saint-Julien Th., 1997) fonction de la surface (en hectare).

Niveau	Surfaces (ha)	Nombre de sites
1	[20 ; 7]	3
2	[4,5 ; 2]	5
3	[1,25 ; 0,8]	8
4	[0,6 ; 0,15]	22
5	[0,1 ; 0,02]	34

Tableau 8 : la hiérarchie des sites de la Cité

Pour compléter et terminer la présentation, la Carte 3, ci-dessous, restitue la distribution spatiale de cette hiérarchisation des sites archéologiques.



Carte 3 : la hiérarchie des sites

Lodève (n°72), *Les Aulas* (n°67) et *Peyre-Plantade* (n°17), cités précédemment, forment le niveau le plus haut de la hiérarchie. Cette répartition hiérarchique montre une concentration des sites de niveau 2 sur le Causse du Larzac avec 4 sites sur les 5 que compte ce niveau : *Las Fourques* (n°6), *La Guinée* (n°27), *Soubre Pioch* (n°51) et *La Panouze* (n°65). Le seul site de cette classe situé dans le Bassin de la Lergue est *Cornils* (n°28). Les sites étant plus nombreux entre Lergue et Dourbie, un plus grand nombre des sites du plus bas niveau sont dans cet espace.

B. Pour la mise en réseaux des sites

À cette échelle d'analyse, en restreignant le cadre spatial aux environs de 900 km², nous nous trouvons face à un réseau de sites de dimension « locale ». Ce réseau local dont nous essayons de déterminer les grands traits de l'organisation spatiale nécessite la modélisation de relations inter-sites, pour l'essentiel représentant des mouvements des hommes et de biens, des échanges commerciaux. Or, à cette époque, encore plus qu'aujourd'hui, les temps de déplacement et les accessibilités des sites étaient très conditionnés par la pénibilité des déplacements. Cette pénibilité pouvait avoir plusieurs causes : durée du trajet, poids transporté, ... Mais de manière générale, ce sont les contraintes naturelles qui ont une part déterminante dans l'évaluation des déplacements. Les transports se faisant exclusivement à pied ou par véhicule à traction animale, toutes les relations que pouvaient entretenir ces sites et les populations qui les composent, étaient très influencées par les deux contraintes naturelles majeures de ce territoire : le relief, et ses dénivelés, et le treillage hydrographique dense. À dire d'archéologues, la majeure partie des déplacements des individus et des biens se faisait à pieds. Pour ce type de déplacements donc, les contraintes physiques du milieu rendent l'emploi de la métrique euclidienne inadapté dans les mesures d'espacement. La problématique exige alors une modélisation des mouvements avec l'intégration d'une rugosité spatiale qui traduit la pénibilité des déplacements dès lors qu'il y a élévation (ou descente) et traversées des cours d'eau.

La mise en place d'un S.I.G. permet de modéliser avec précision cette élévation avec l'aide d'un Modèle Numérique de Terrain (M.N.T.) et le réseau hydrographique (*BD Cartho*®, 1990), tout en simulant les déplacements des individus sur ce territoire. À partir de cet ensemble, le but devient le calcul des temps de parcours « théoriques » des individus à travers le territoire afin d'évaluer et d'analyser les positions relatives des sites en matière d'accessibilité et de réaliser, dans ce sous-chapitre, une première interprétation de l'organisation spatiale du territoire de la Cité.

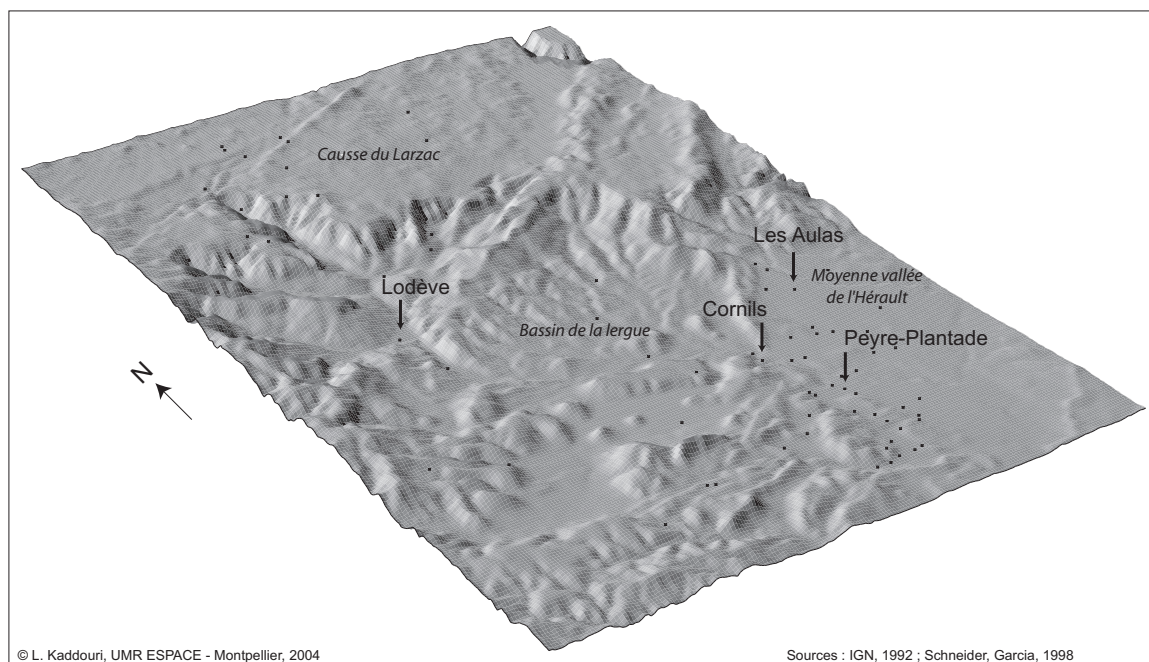
B.1. La constitution d'un Système d'Information Géographique (S.I.G.)

La modélisation dans le S.I.G. est rendue possible par l'utilisation de deux bases de données.

La première est une base de données archéologiques, fruit du travail de L. Schneider et D. Garcia (1998). Elle représente le résultat d'un travail d'inventaire complet de tous les travaux touchant à ce territoire, des plus anciens jusqu'aux plus récents (1998). Cependant, le résultat ne permet pas une comparaison générale des sites car les données sont hétérogènes, de qualité incertaine (incertitudes sur les meures, les fouilles, la date) et de quantité incomplète (toutes les variables ne sont pas renseignées pour tous les sites). La seule information bien renseignée est la localisation des sites et leur surface (Tableau 7, p.184).

La seconde base de données utilisée est la *BD Carto® Languedoc*, produit de l'Institut géographique national (IGN), de 1990. Parmi les nombreuses informations que recèle cette base, nous conservons uniquement les données relatives au relief sous la forme du Modèle Numérique de Terrain (M.N.T.), et celles relatives à l'occupation du sol par les cours d'eau, la couverture hydrographique du territoire. Alors qu'il n'existe aucun problème d'adéquation du M.N.T. avec le relief du territoire pendant le Haut-Empire, et bien que très peu de doute demeure sur la localisation des cours d'eau il y a 2000 ans, se pose le choix des différentes données relatives à ces cours d'eau contenues dans la base (largeur, longueur, profondeur, saisonnalité, débit...) qui déterminent la conservation de tel ou tel cours d'eau. Les connaissances sur ces caractéristiques de cours d'eau durant cette période sont également incertaines. Devant cette incertitude et dans un souci de généralisation, l'ensemble du treillage hydrographique est conservé, que les cours d'eau soient réguliers, saisonniers... Notons toutefois qu'aucun cours d'eau ne dépasse jamais les 50 mètres de large¹⁰⁴, même pour le fleuve Hérault sur le territoire d'étude.

¹⁰⁴ Taille d'une cellule de notre grille d'analyse.



Carte 4 : Le Lodévois : relief et cours d'eau en 3D

Cette visualisation du MNT en 3 dimensions a pour but uniquement de mieux apercevoir les contrastes observés précédemment sur le relief, les cours d'eau et la répartition des sites archéologiques.

L'utilisation d'un SIG raster (grille) est conduite par le croisement de données surfaciques concernant le relief (grille ou grid), des données linéaires concernant les cours d'eau (polylignes), et des données ponctuelles concernant les sites (points). Le pas de cellule choisi est de 50 mètres, plus petit pas rendu possible par la base de données sans aucune transformation.

Nous avons opté pour le logiciel *ArcInfo*® qui dispose des fonctionnalités les plus simples et les mieux adaptées aux contraintes que nous posons et aux mesures d'espacement par l'utilisation des fonctions *Pathdistance* et *Costpath* (ESRI, 2003). La première fonction permet de mesurer pour chaque lieu du territoire les temps d'accès au site le plus proche mesuré avec la métrique de notre choix. Nous reviendrons plus loin sur la seconde fonction (p.195). Une première étape dans l'élaboration du SIG consiste à créer une grille (appelée « *costgrid* » dans la fonction *Pathdistance*) dans laquelle nous attribuons une rugosité spatiale fixe aux cellules du territoire, une rugosité dite « horizontale ». Un coefficient de rugosité est affecté à chaque cellule de la grille en fonction de la présence ou de l'absence d'un cours d'eau. Cela traduit le frein des déplacements à pieds dans un cours d'eau que nous estimons à vingt fois celui du même déplacement sans contrainte. Rappelons que les déplacements sont réalisés à pied, que certains des cours d'eau du territoire actuel sont très vifs et qu'ils sont considérés comme

non navigables bien que par endroit certains aient pu l'être. Les contraintes liées au relief lors d'un déplacement, contraintes variables, passent par une deuxième étape de la modélisation, celle de la mise en place de la rugosité « verticale » avec l'aide de la fonction vitesse de déplacement.

B.2. Simulation des déplacements de la population

Cette rugosité « verticale » pour simuler les déplacements des individus signifie que l'espace n'a seulement un rôle de support. Il est un véritable « acteur » dans les échanges entre les sites. Il s'agit de mettre en place une fonction de vitesse de marche qui dépend de la pénibilité des montées et des descentes. La modélisation dans un SIG de ces rugosités verticales et horizontales et de la fonction vitesse permet de reconstituer les chemins théoriques empruntés par les hommes et les distances-temps pour se rendre d'un site à un autre.

B.2.1. La fonction de déplacement

Ayant trop peu d'informations, il n'était pas souhaitable de se contenter des distances à vol d'oiseau pour mesurer les espacements entre les sites. Plus qu'aujourd'hui, ces distances entre sites constituaient un des facteurs dissuasifs dans les déplacements à pieds des individus.

La vitesse de marche des individus est posée comme une fonction de l'angle de la pente du déplacement. Après avoir fixé une vitesse maximale sur terrain plat de 4 km/h (Satchell, 1976 ; Decoupigny F., 2000), de 2 km/h lors d'une élévation de 10° et considéré la fonction comme symétrique (vitesses égales pour un même angle de descente ou de montée), nous avons défini par calibrage la vitesse de marche comme une fonction exponentielle inversée de la pente (Figure 36, ci-dessous).

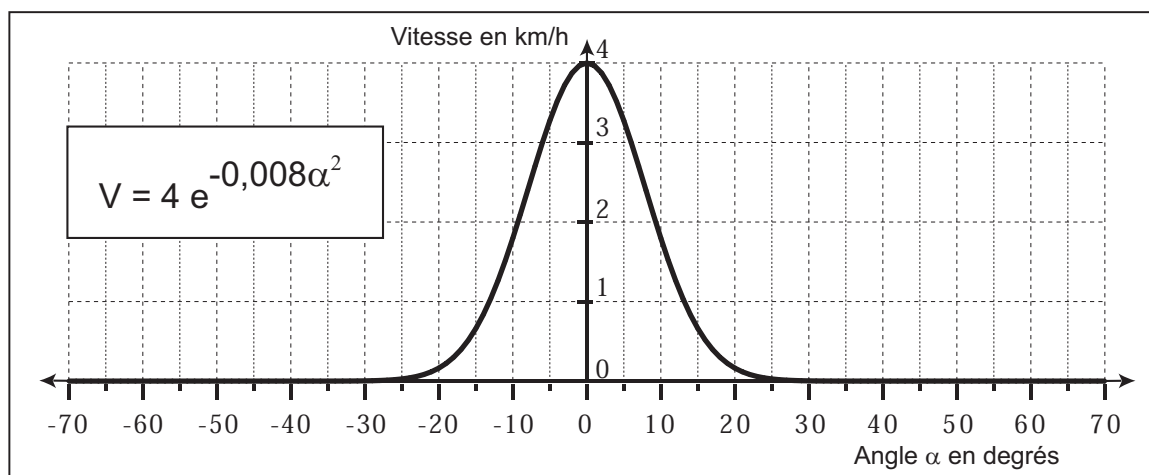


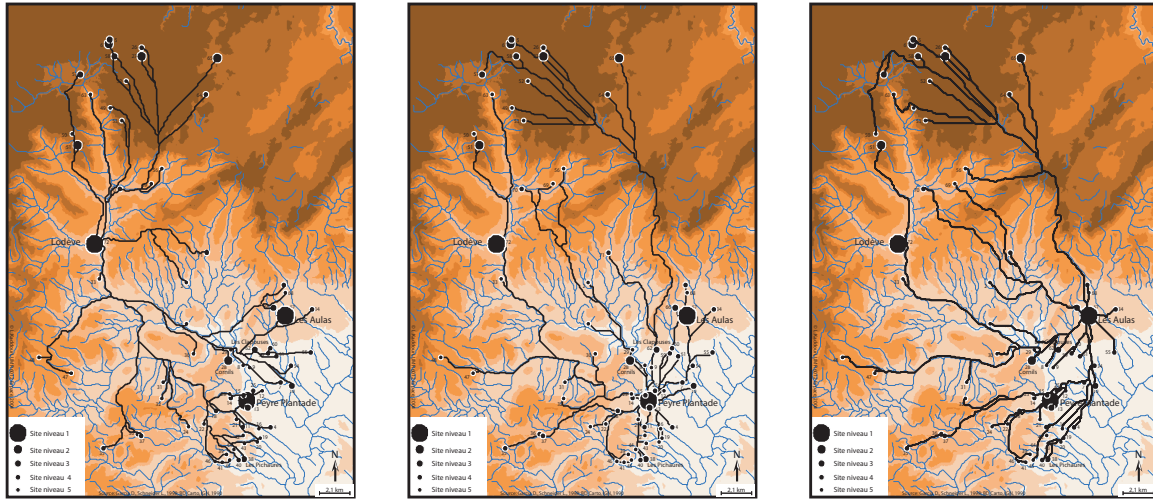
Figure 36 : la fonction de déplacement des hommes à la marche à pied

Les tests réalisés montrent qu'une vitesse maximale différente et une rugosité plus ou moins élevée ont peu d'influence sur les résultats en matière d'accessibilité relative. Les études sur la récréation dans des parcs naturels montrent également des fonctions dissymétriques intégrant d'autres paramètres, comme des arrêts, mais pour des déplacements à pied ayant un but bien différent de ceux de nos individus (Satchell, 1976 ; Thenoz M., 1981 ; Decoupigny F., 2000). Nous aurions pu également intégrer des temps d'arrêt, des sites de détour, des « opportunités » mais cette logique différente est très orientée sur des thématiques précises de déplacement (Decoupigny F., 2000). Dans le cas de ces sites archéologiques, les accessibilités entre chaque couple de sites ne tiennent pas compte de la proximité d'autres sites dans la reconstitution des chemins.

B.2.2. Les chemins théoriques : simulations et mesure d'espace

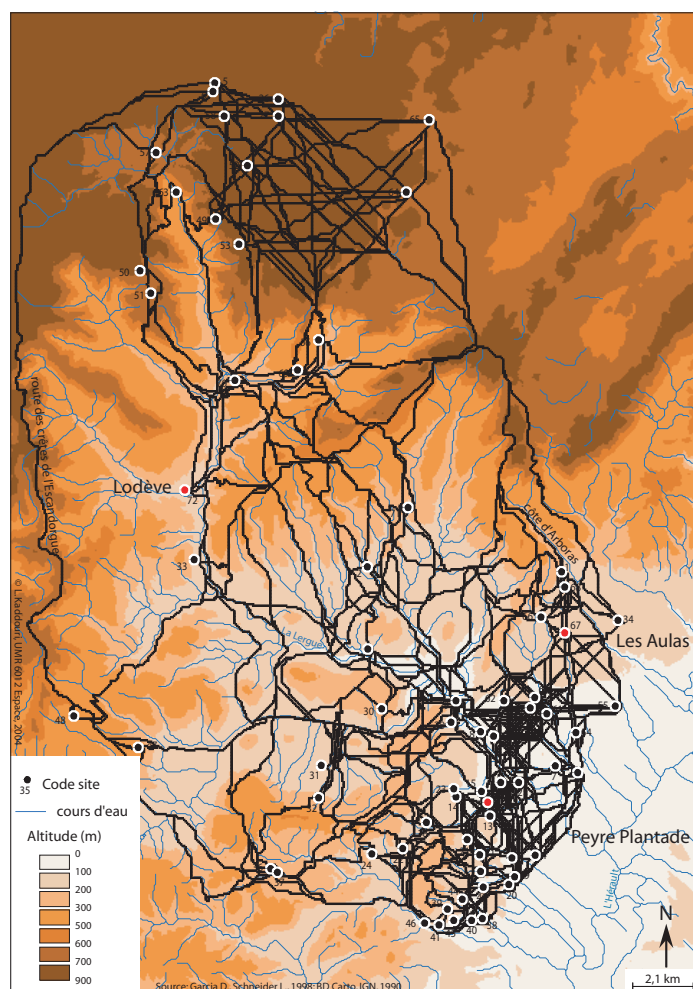
Après avoir posé tous ces paramètres de la modélisation, le calcul des chemins théoriques, tenant compte des rugosités « verticales et horizontales », débute. Les angles sont mesurés sur la pente des plus petits déplacements qui composent un chemin. Le pas d'une cellule de la grille d'analyse étant de 50 mètres, les déplacements se composent d'un enchaînement de déplacements élémentaires de 50 mètres pour un déplacement vers les 4 cellules voisines en points cardinaux et de $(50 \cdot \sqrt{2})$ mètres si les cellules voisines sont sur les diagonales. Pour chacun des points, la fonction *Costpath* d'*ArcInfo*® permet de générer une nouvelle grille avec les tracés des plus courts chemins vers tous les sites.

La carte suivante montre ces chemins calculés les plus courts conduisant à *Lodève*, *Peyre-Plantade* et *Les Aulas* à partir de tous les autres sites du territoire de la Cité.



Carte 5 : Les chemins menant à *Lodève*, *Peyre-Plantade* et *Les Aulas*

Ce procédé est répété pour tous les sites. Il permet de dégager l'ensemble des chemins calculés de chacun des sites vers tous les autres. Simultanément, avec la fonction *Pathdistance*, la matrice carrée des accessibilités inter-sites en distance-temps est extraite. C'est cette matrice qui permettra les mesures de proximité dans les graphes de relations hiérarchiques.



Carte 6 : tous les chemins calculés entre les sites

B.2.3. Chemins théoriques et chemins observés pour valider notre modèle

Ne disposant pas d'assez d'informations sur les sites pour permettre aux archéologues de mettre en place des « *réseaux empiriques d'habitats* », la validation des mises en réseaux théoriques ne peut s'effectuer par comparaison à des « *réseaux empiriques* », comme ce fut le cas dans *Archaeomedes* (1998). Ce sont les chemins calculés qui revêtent une importance capitale pour la validation de notre modélisation.

Tous ces chemins calculés les plus courts ne sont pas à conserver. Cependant, ils montrent la pertinence de la modélisation en dégageant « *des chemins reconnus comme probables voies anciennes par l'historiographie traditionnelle* » (Garmy P. et al., 2005 ; Schneider L., Garcia D., 1998). Notamment, il existe un degré de similarité de certains

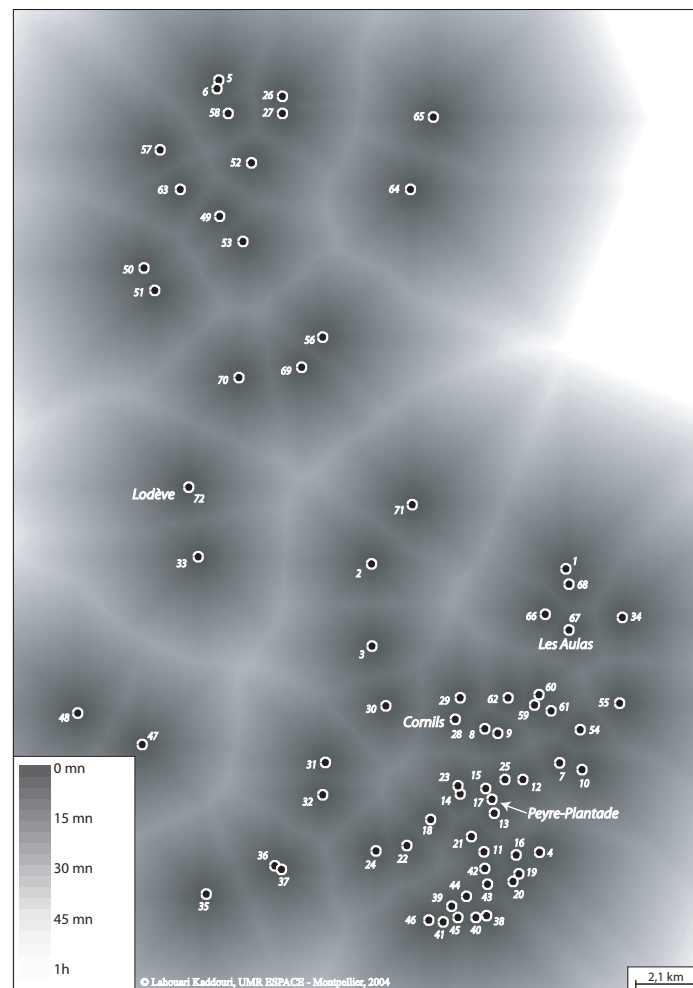
des chemins calculés avec ceux des réseaux antiques, en particulier avec la voie la plus à l'ouest dite de « *l'Escandorgue* » (de Béziers vers Millau) et la voie orientale menant de la plaine de l'Hérault vers le plateau dite « *côte d'Arboras* ». Nous ajoutons à cela la remarquable ressemblance morphologique des chemins calculés avec ceux qui sont connus par le cadastre dit « napoléonien » du XIX^e siècle.

B.3. Mesures d'accessibilités : une première analyse de l'organisation spatiale de la Cité

Pour mieux saisir les contraintes orographiques et hydrographiques qui pèsent sur ce territoire, les calculs qui suivent permettent une analyse introductive à la compréhension de l'organisation spatiale. Les accessibilités de l'ensemble du territoire aux sites et les accessibilités relatives dans l'armature des sites sont déterminantes pour comprendre les centralités des sites et les proximités entre les sites et par là mieux appréhender les réseaux locaux d'habitats créés (p.203).

B.3.1. Accessibilités du territoire aux sites

L'analyse des accessibilités et la prise en compte de ces contraintes physiques dans les déplacements sont fondamentales dans les mesures des accessibilités de l'ensemble du territoire aux sites. Pour bien se rendre compte de la déformation des distances-temps et des accessibilités aux sites, la première illustration (renvoi) montre les accessibilités du territoire aux sites en considérant le territoire comme isotrope, continu et homogène (euclidien). La vitesse de déplacement est de 4 km/h sur un espace plat dépourvu de rugosités verticale et horizontale. La distance la plus courte est alors réalisée en ligne droite.

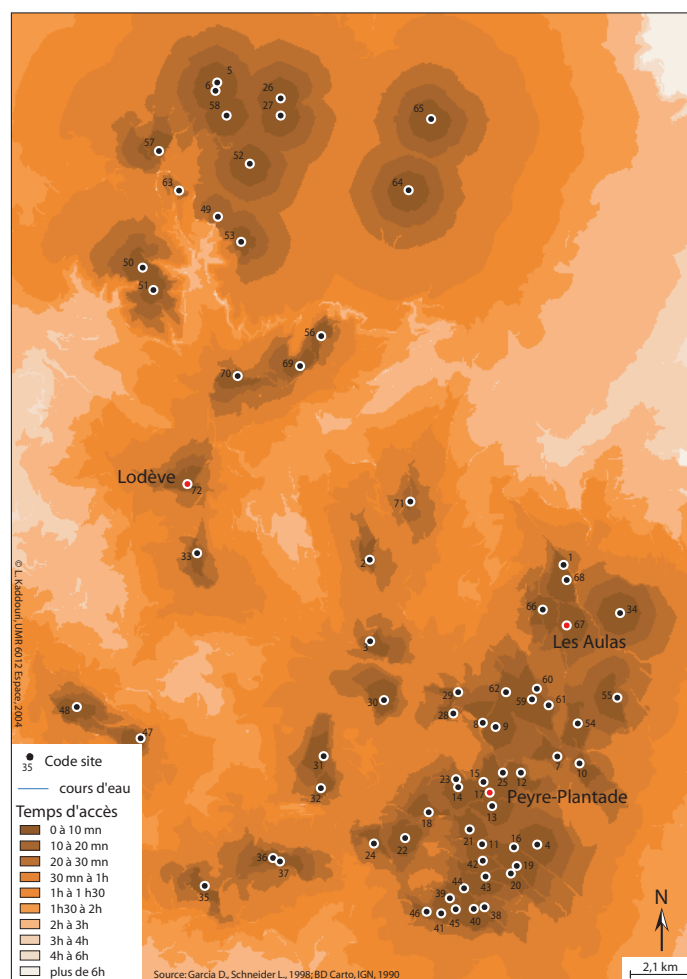


Carte 7 : les accessibilités aux sites sans contrainte

Dans un espace euclidien, les parties du territoire les plus denses font ressortir les temps d'accès les plus courts, à moins d'une heure de marche jusqu'au site le plus proche. À l'inverse les parties du nord-est et dans une moindre importance une zone, à l'ouest de *Lodève*, se situe au-delà d'une heure de marche.

Pour les applications suivantes, tous les paramètres énoncés de la modélisation sont introduits : les rugosités verticales et horizontales et la fonction vitesse de déplacement.

C'est d'abord la mesure de l'accessibilité de l'ensemble du territoire aux sites le plus proche. Les distances-temps sont, avec l'introduction des contraintes, beaucoup plus élevées pour des distances kilométriques « équivalentes » à celles mesurées pour la précédente carte. La ligne droite n'est plus alors obligatoirement la trajectoire la plus courte en distance-temps, entre un lieu du territoire et un site, en général, entre deux sites en particulier.

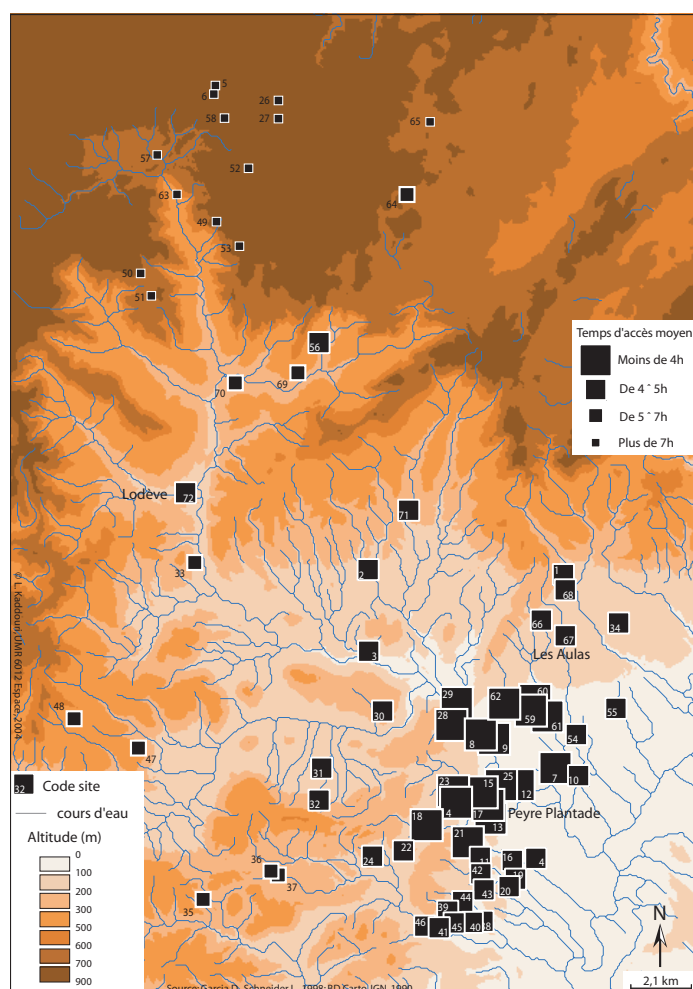


Carte 8 : les accessibilités aux sites

Les parties du territoire les plus éloignées d'un site sont les lieux les plus « chaotiques » sur le plan physique et dépourvus de sites habités, au nord-est et à l'ouest de la Cité (Carte 8, p.200). D'autres parties au cœur du territoire sont aussi marginales car situées à plus de 3 heures de marche. Les formes circulaires plus larges qui entourent les sites du Nord traduisent la relative homogénéité du Causse et une moindre pénibilité de déplacements sur le plateau (peu de cours d'eau et de fortes pentes). Les pentes très abruptes séparant plateau et plaine provoquent des ruptures bien qu'à vol d'oiseau certains sites paraissent « proches ». C'est le cas notamment autour de l'Escalette qui se situe à plus de 3 heures des sites les plus proches du *Mas-du-Caylar* (n°50), des *Signoles* (n°49), de *Soubre Pioch* (n°51) et de *Puech-Doussieu* (n°53). Dans la plaine, les difficultés de marche essentiellement dues aux traversées des cours d'eau augmentent les temps de parcours qui ne doivent des valeurs relativement faibles qu'à la densité élevée de site et aux fortes pentes.

B.2.4. Accessibilités moyennes des sites

Les accessibilités relatives entre les sites du territoire sont mesurées en calculant pour chacun d'entre eux la moyenne des distances-temps qui le sépare des autres sites.



Carte 9 : l'accessibilité moyenne des sites

Ces temps moyens de parcours au site le plus proche redessinent la césure spatiale entre le Causse, et des sites aux temps moyens les plus élevés, et la plaine, aux moyennes les plus faibles (Carte 8, p.200). Là encore, la barrière physique entre plateau et plaine associée au faible nombre de sites dans le Haut Lodévois, place un ensemble de sites autour de *Peyre-Plantade*, *Cornils* et *Les Clapouses*, comme étant le plus accessible, le plus « central » (à moins de 4 heures de marche en moyenne). Pour les plus grands de ces sites, cela renforce leur position hiérarchique (établie sur les surfaces).

À l'inverse, les accessibilités et la centralité de proximité médiocres de la capitale administrative *Lodève* (près de 5 heures de marche en moyenne) peuvent affaiblir son poids dans le système.

Les premières conclusions tirées de ces deux premières analyses, en matière de structure spatiale, font resurgir les interrogations quant à une éventuelle surévaluation du rôle fonctionnel de « haut rang » de la capitale de la Cité dans ce système et à l'inverse d'une possible reconsidération des positions hiérarchiques de *Cornils* et *Les Clapouses* déjà envisagée dans des travaux antérieurs (Rascalou P., Schneider L., 2002).

C. Mises en réseaux fonctionnels des sites : analyses et performances

Une meilleure connaissance de l'organisation spatiale du territoire nécessite ces mesures d'accessibilité et d'espacement, mais elle doit également montrer les relations qu'entretiennent ces sites pour tenter de dégager les principales structures spatiales de ce système de peuplement. Les relations privilégiées entre les sites sont principalement des échanges commerciaux et de services, des relations de dépendance fonctionnelle. Dans cette étude, ces réseaux de relations sont basés sur les déplacements des individus pour accéder aux biens et aux fonctions non disponibles dans leur propre site. Cela suppose donc des déplacements vers des sites de tailles supérieures. Sur des hypothèses de proximité et de supériorité fonctionnelle, nous mettons en réseaux les sites en créant des liens selon deux procédés aux objectifs légèrement différenciés. Ils permettent de dégager les centralités de position dans le réseau des sites, de visualiser et de typer les organisations spatiales autour des sites centraux ou polarisants, notamment des sites du haut de la hiérarchie du territoire.

A priori et en schématisant, il existe une moins grande complexité dans les relations entre les sites et leurs niveaux de fonction (*Archaeomedes*, 1998 ; Garmy P., 2002 ; Garmy P. et al., 2005) sachant que les fonctions les plus rares sont dans les sites plus grands.

Sont alors générés deux réseaux de sites basés sur la proximité et les niveaux des sites.

Bien qu'il ne s'agisse nullement de créer des mailles, mais de proposer une analyse de l'organisation spatiale du territoire par des regroupements, la première méthode conduit à des réseaux de villes disjoints autour desquels peut être réalisée une « partition complète » du territoire. Ces réseaux locaux d'habitats, autour des sites du haut de la hiérarchie sont le résultat de la mise en relations par proximités hiérarchiques selon le ***plus proche voisin de niveau supérieur***. Ils montrent l'imbrication des niveaux de réseaux d'habitats selon un principe hiérarchique strict : ce sont les hiérarchies de réseaux emboîtés de type administratif.

La seconde mise en réseaux des sites, par des contraintes de connexité traduisant des logiques spatiales de comportements plus complexes, est destinée à montrer les emboîtements de niveaux de réseaux et à donner une vision des appartenances multiples à

des réseaux de différents niveaux par les relations de proximités entre les villes de tous les niveaux selon la méthode du *plus proche voisin de chaque niveau supérieur*. Elle révèle alors la hiérarchie de réseaux emboîtés selon le principe de marché.

Trois remarques doivent être toutefois rappelées avant ces mises en réseaux des sites.

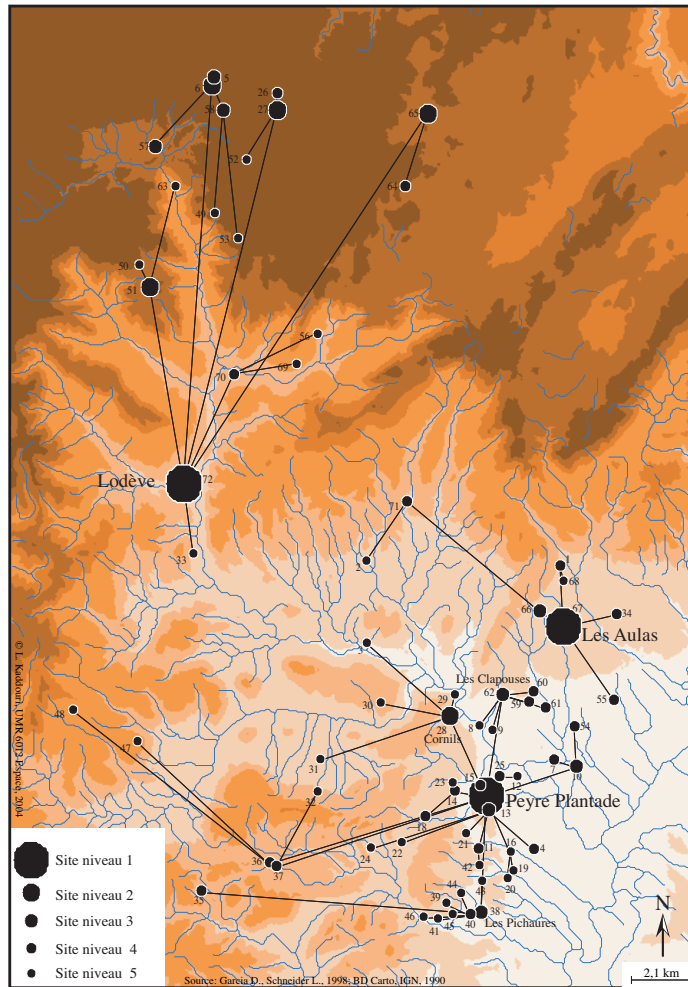
- La première concerne la logique ascendante des deux méthodes de mise en réseau, les regroupements débutent à partir des sites les plus petits pour s'achever sur les plus grands, ce qui traduit, dans ce cas de déplacements sur le principe de marché, la recherche de biens et services de plus en plus rares du bas de la hiérarchie vers le haut.
- La seconde concerne l'orientation systématique des relations engendrées. Par construction, les relations sont des arcs dans les graphes. Ces relations hiérarchiques à tous les niveaux de la hiérarchie sont analysées comme des interactions, donc non orientées.
- La troisième et dernière remarque, rappelle l'impossibilité de confronter les réseaux théoriques à des réseaux empiriques, à la différence des travaux d'*Archaeomedes* (1998). Les écarts mesurés entre modèle théorique et modèle « empirique » dans *Archaeomedes* ont montré les limites des propriétés d'isotropie et d'homogénéité¹⁰⁵ de l'espace lors du calcul des espacements. Ce fut, en partie, l'absence des obstacles physiques majeurs du territoire, tels que les cours d'eau et le relief, contraintes fortes dans les choix des déplacements, qui engendraient ces écarts. Ces facteurs intégrés dans notre modélisation suggèrent que notre modèle soit acceptable. Bien entendu d'autres facteurs entrent en ligne de compte.

105

C.1. Modélisation des réseaux locaux d'habitats

La première méthode suppose que les relations les plus fréquentes se réalisent toujours avec le site le moins distant ayant des fonctions supérieures. Il s'agit alors de relier chaque site à son *plus proche voisin de niveau supérieur*. Cette méthode permet, de proche en proche, de « régionaliser » le territoire en 3 sous-réseaux locaux autour des « têtes de réseau » (*Archaeomedes*, 1998), et d'en analyser les relations hiérarchiques à tous les niveaux.

C'est cette méthode qui fut utilisée dans *Archaeomedes* sur 2 niveaux de sites aux informations tout de même plus nombreuses. Avec seulement 2 niveaux appliqués aux sites de la Cité de *Luteva*, le niveau de polarisation autour des 3 sites du haut de la hiérarchie aurait été maximal. Un nombre plus grand de niveaux permet des polarisations moins fortes et réparties par niveau. Cela montre ainsi, dans une plus large mesure, les emboîtements de niveaux. Par construction, les regroupements effectués sous conditions de proximité spatiale et de supériorité montrent les polarisations des réseaux d'habitats autour de *Lodève*, *Les Aulas* et *Peyre-Plantade* en créant 3 sous-réseaux indépendants, et par les « *hiérarchies de réseaux emboîtés* » (*Archaeomedes*, 1998) permet à chaque site d'être potentiellement une tête de réseau à son niveau.



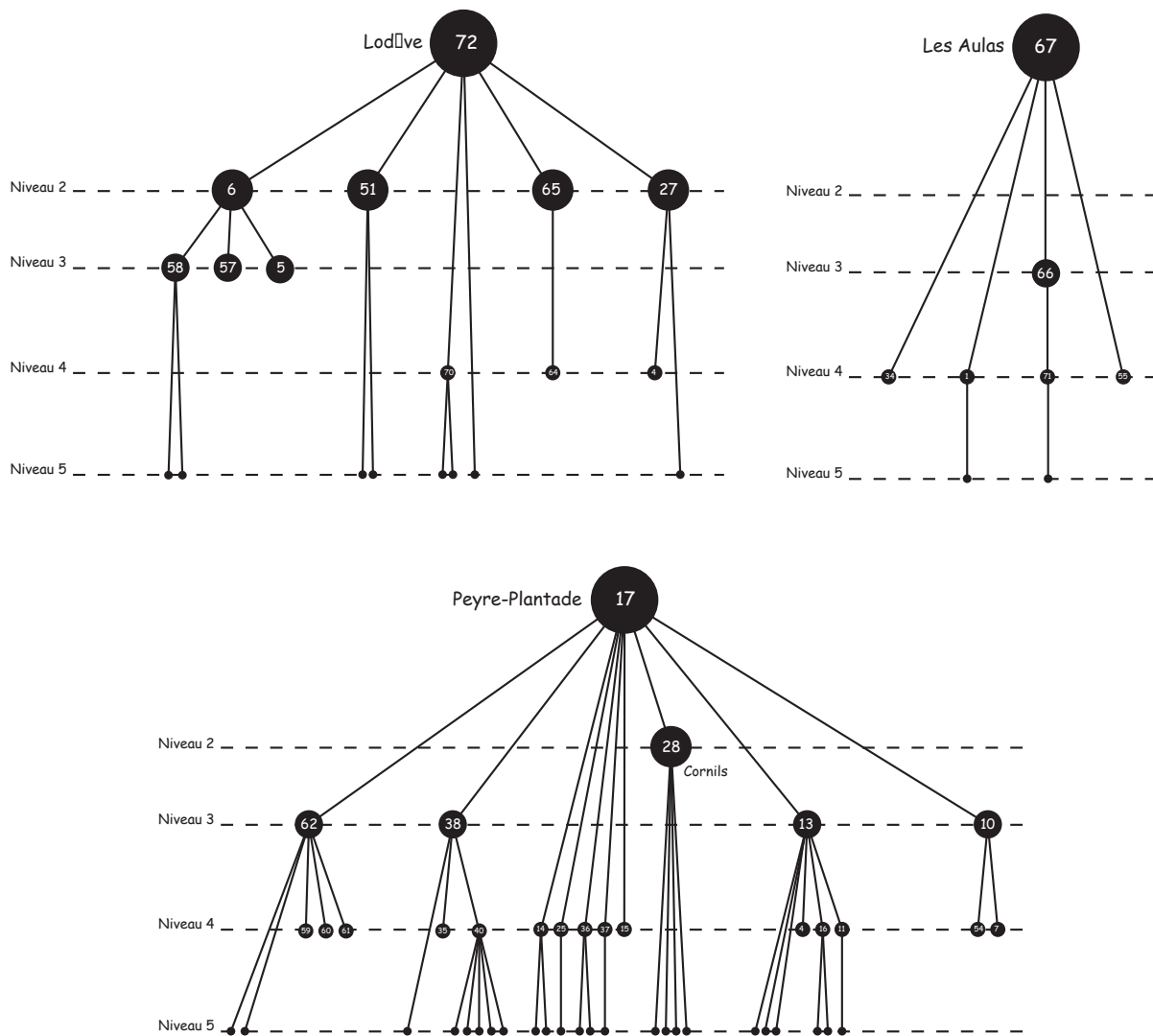
Carte 10 : les réseaux locaux d'habitats - méthode du plus proche voisin de classe supérieure

La carte des réseaux locaux d'habitats (Carte 10) montre 3 formes différentes de polarisation autour des grands sites. Autour de *Lodève*, nous distinguons nettement une polarisation quasi exclusive et linéaire à partir du plateau. Un réseau de très faible densité prend la forme d'une demi-étoile autour *Des Aulas*, alors qu'un réseau dense se dessine autour de *Peyre-Plantade* sous la forme plus classique d'un réseau fortement polarisé, hiérarchisé et multidirectionnel. Les répartitions spatiales des sites et les accessibilités imposent une descendance faible et quasi exclusivement tournée vers les sites du Causse du Larzac pour *Lodève*. Ce site apparaît comme « isolé » dans le couloir de la *Lergue*, à la tête d'un réseau dont la plupart des sites se situent à plus de 5h30mn de marche. *Les Aulas*, plus petit réseau en nombre de sites, a une portée de 4 heures de marche seulement (*Loiras*, n°2). Le réseau autour de *Peyre-Plantade* regroupe près des 2/3 des sites de la Cité. Sa portée est de 5h30mn de marche (*Mas Pandit*, n°48). Une distribution spatiale des sites plus homogènes sur cette partie du territoire permet d'entrevoir des réseaux

d'intermédiation. C'est ainsi que *Cornils* (n°28), site de niveau 2, et *Les Clapouses* (n°62) au nord, *Les Pichaures* (n°38) et *Gorjan* (n°13) au sud, sites de niveaux 3, sont à la tête de réseaux de proximité intermédiaires nettement perceptibles.

Enfin, le cas du site de *Gorjan* (n°13), situé dans l'environnement immédiat de *Peyre-Plantade* qui empêche toutes relations directes, occulte le fait que le site de haut rang peut entretenir dans ce cas des relations directes avec de nombreux sites en direction de *Gorjan*.

La visualisation des relations hiérarchiques sous la forme d'arbre permet de préciser les organisations hiérarchiques de ces réseaux locaux d'habitats (Carte 11, p.208).



Carte 11 : Organisations hiérarchiques autour des têtes de réseaux

Les « têtes de réseau » ne possèdent pas de relations directes avec les sites de niveau 5, exception faite de *Lodève* qui en possède une unique avec le site *Les Vals* (n°33). Le réseau de *Lodève* regroupe 4 sites de niveau 2 sur les 5 que compte la Cité. Le 5^e, *Cornils*, se situe dans le réseau de *Peyre-Plantade*. Ce qui confère la particularité au réseau autour *Des Aulas* de ne pas contenir de site de cette taille. Les 3 formes de polarisation aperçues s'accompagnent de différentes relations hiérarchiques qui traduisent 3 organisations différentes.

Pour *Les Aulas*, nous avons affaire à un **réseau de type centralisé**, une grande primatie de la « tête de réseau ».

Autour de *Peyre-Plantade*, l'organisation est celle d'un **système spatial hiérarchisé**, avec des relations du bas vers le haut de la hiérarchie qui transitent par les sites intermédiaires et créent les réseaux d'intermédiation. Ce qui définit des emboîtements de niveaux de réseaux.

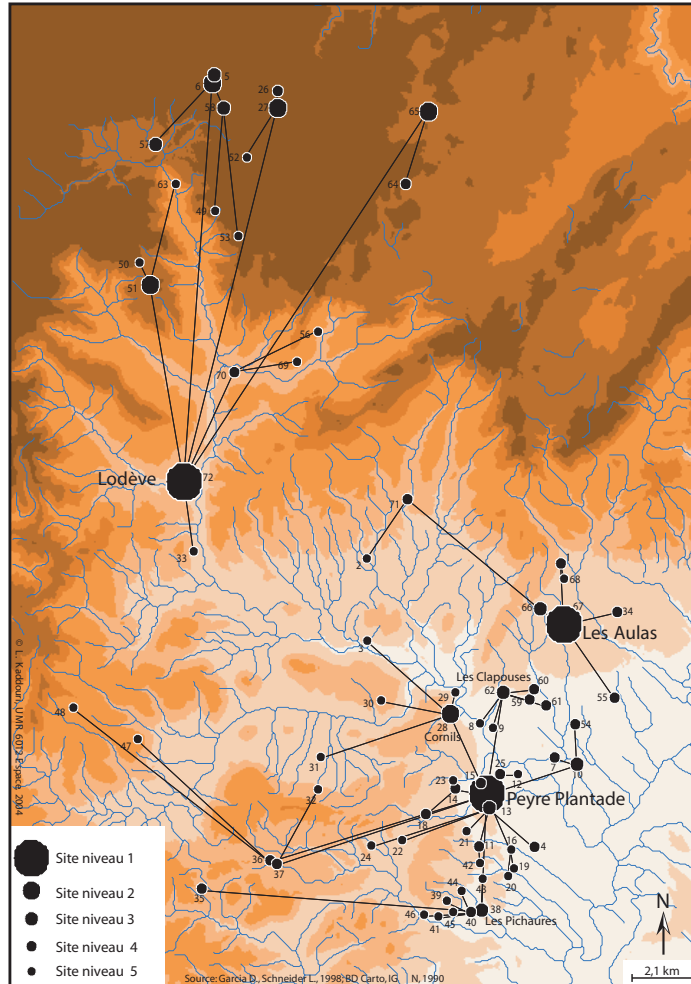
L'organisation hiérarchique du réseau de *Lodève* est caractéristique de celle d'un **système dit « fédéral ou régionalisé »** (Moriconi-Ébrard Fr., 1993) dans lequel un ensemble de sites se partage la primauté locale.

La méthode suivante permettant de simuler de multiples relations à partir d'un site, avec d'autres hypothèses de relations et d'objectif. Bien sûr, nous pourrions supposer que les individus préféreraient faire quelques minutes de marche supplémentaires pour atteindre un site aux fonctions plus importantes mais cela introduisait encore plus d'imprécision et d'hypothèse dans cette modélisation. La relative simplicité des hypothèses dans notre cas montre la généralité et une certaine « rationalité » des comportements.

C.2. Modélisation des réseaux locaux d'habitats multiniveaux emboîtés

Cette deuxième méthode de mise en réseau pose les bases de la logique de « marché ». Elle suppose que les individus se déplacent vers le site le plus proche de chacune des classes supérieures pour accéder à un bien ou un service de plus en plus rare (Christaller W., 1933 ; Haggett P., 1965 ; Berry B.J.-L., 1967). Elle s'inspire en particulier du modèle des lieux centraux et de la logique de marché de W. Christaller ($k=3$, cf. p.110). La méthode consiste alors à relier un site à *son plus proche voisin de chacun des niveaux supérieurs* (Carte 12, p.210). Pour représenter les différentes orientations choisies pour obtenir un bien de plus en plus rare, cette méthode permet plusieurs relations à partir d'un site, plus précisément une relation vers un seul site de chacun des niveaux supérieurs, dans la mesure où le plus éloigné est toujours d'un niveau supérieur. Cette vision plus « globale » du système local montre les différentes appartenances à des réseaux locaux de différents niveaux dont la « tête de réseau » possède des biens et fonctions non disponibles dans un site plus proche et de niveau inférieur. Les grands possédant les fonctions les plus rares, leur influence et leur centralité augmente. L'objectif principal est de visualiser pour chaque site les multiples possibilités

d'appartenances aux réseaux locaux multiniveaux et leurs polarisations en tant que tête de réseaux à leur niveau (sauf pour les villes du plus bas niveau de la hiérarchie).



Carte 12 : les réseaux locaux selon le plus proche voisin de chaque niveau supérieur

Il se dessine un réseau fortement connexe, dans la mesure où il existe toujours une relation même indirecte entre deux sites de la Cité. De manière générale, un site peut appartenir à un réseau de niveau supérieur différent de celui vers lequel s'oriente la majorité des sites de son réseau local. Les proximités et l'appartenance à un réseau plus « global » peuvent changer alors avec les niveaux des biens et des services, le niveau de la « tête de réseau ». Ainsi dans le réseau secondaire polarisé autour de *Cornils* (n°28), tête d'un réseau intermédiaire, le site de *St Pierre de Leneyrac* (n°8) s'oriente vers *Peyre-Plantade* (n°17), les sites de *Loiras*, *Pétout*, *Plan de Basse* (n°2, 3, 47) s'orientent vers *Lodève* (n°72), alors que celui de *La Valette* (n°71) s'oriente vers *Les Aulas* (n°67). Ces sites constituent les interfaces entre la structure bipolaire de la plaine et le réseau

fortement polarisé du Haut-Lodévois. Ils confèrent à *Cornils* une position centrale préférentielle.

Les autres réseaux secondaires, de niveau inférieur, ressortent renforcés autour de *Pichaures* (n°38), au sud de *Peyre-Plantade* (n°17), et des *Clapouses* (n°62) à l'intérieur du triangle *Les Aulas*, *Peyre-Plantade*, *Cornils* (resp. n°67, 17, 28).

A un degré encore inférieur de la hiérarchie, autour du site *Des Vignès* (n°40), se dessine un réseau local.

Pour la capitale de la Cité, ce ne sont pas les 4 sites de niveau 5 qui servent de relais vers la plaine qui bouleverse la polarisation quasi-exclusive vers les sites du Causse.

Pour certains sites du haut de la hiérarchie de la Cité, notamment ceux de *Cornils*, *Les Pichaures* ou *Les Clapouses*, cette modélisation laisse entrevoir des centralités plus grandes et des polarisations plus fortes que ce qui est envisagé par les archéologues.

Conclusion

Il est évident que notre travail soulève plus de questions qu'il n'apporte de réponses aux archéologues. La raison en est l'incapacité de la validation par confrontation de notre modèle théorique à un modèle observé ou « empirique ». Mais il oriente les travaux vers d'autres hypothèses de modélisation, vers d'autres analyses et interprétations de la structure spatiale de la Cité.

Malgré la possible surestimation de la taille de Lodève par rapport aux travaux les plus récents, qui ne change cependant pas sa position dans la hiérarchie établie, et une position en piémont qui devrait l'avantager, *Lodève* apparaît comme un site aux polarisations et à la centralité très médiocre par rapport à son rang. Une analyse plus fine des chemins calculés montre même que *Lodève* n'est un passage obligé que pour quelques sites du bassin de la Lergue. En attribuant des rôles d'étapes, de pauses comme cela se fait dans la modélisation des parcours de récréations (Decoupigny F., 2000), on pourrait alors attribuer un rôle peut-être plus important à la capitale de la Cité.

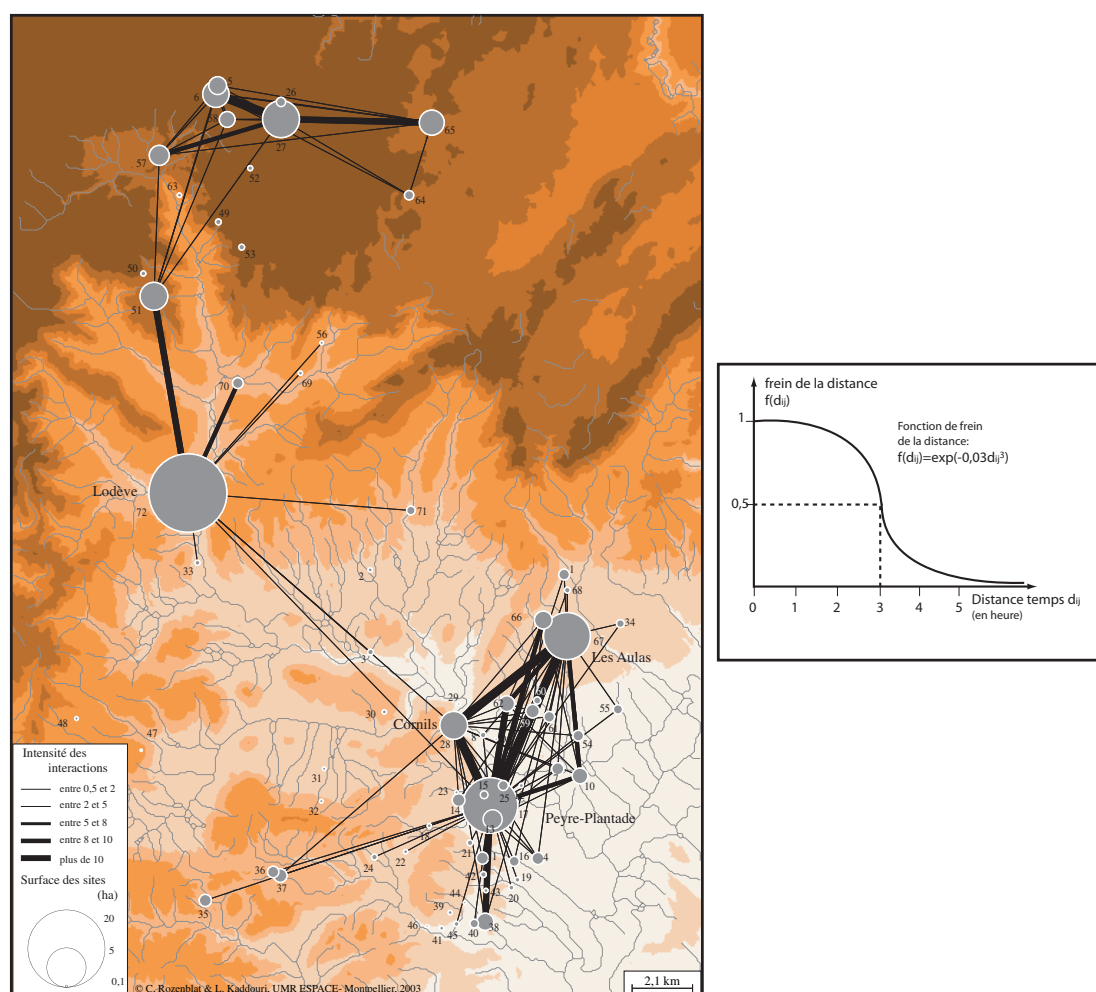
La position du site de *Cornils* a tout particulièrement attiré l'attention des archéologues. Sa position dans la hiérarchie (site de niveau 2) et une bonne accessibilité relative, ses fortes polarisation et centralité, le situe au même rang que les trois plus grands sites.

Bien qu'il n'y ait pas de distinction entre habitats groupés (agglomérés) et habitats dispersés (ferme ou villae), les fortes polarisations se retrouvent « curieusement » autour des sites agglomérés, à l'exception faite des *Pichaures* (dispersé).

Sur la base de cette modélisation et des accessibilités mesurées entre les sites, des informations complémentaires peuvent être apportées par l'application d'un modèle de potentiel¹⁰⁶ d'échanges. Il s'agit de donner une vision des intensités potentielles des échanges en tenant compte des tailles des sites et de leur éloignement. Plus les lieux sont proches, plus ils sont grands, plus la quantité échangée est importante. Cette mise en réseau particulière des sites augmente cependant les hypothèses posées sur les relations, notamment parce qu'aucune connaissance n'existe, non seulement sur la qualité des échanges mais également sur la quantité. La seule hypothèse d'échanges utilisée dans le

¹⁰⁶ La fonction de potentiels a été réalisée par C. Rozenblat dans le cadre du travail collectif (Garmy P. et al., 2005).

calibrage de la fonction est que les échanges sont plus importants lorsque qu'un aller-retour peut être réalisé dans la journée¹⁰⁷ (Carte 13, p.213).



Carte 13 : fonction et potentiels d'échanges entre les sites

Le résultat montre trois ensembles potentiels à l'intérieur desquels les échanges sont plus intenses qu'avec l'extérieur, en particulier au niveau des quantités, autour du triangle formé par *Les Aulas*, *Peyre-Plantade* et *Cornils*. Comme le soulignent les auteurs de l'analyse plus précise de ces réseaux potentiels (Garmy P. et *al.*, 2005) cela permet de faire de nouvelles hypothèses « sur les types et niveaux de fonctions des sites et sur les mobilités et influences spatiales qui en découlent ».

Notre modélisation est évidemment loin d'être parfaite. Du fait même des nombreuses interrogations que suscite l'organisation spatiale de ce territoire, des

¹⁰⁷ Une analyse plus complète de cette méthode et de ses résultats est développée dans P. Garmy et *al.* (2005).

modifications pourraient être apportées, en particulier d'un point de vue méthodologique. Diverses modifications de paramètres peuvent être envisagées comme par exemple intégrer une autre vitesse maximale de marche, une dissymétrie de cette vitesse selon les montées et les descentes, envisager des sites-relais et des pauses en fonction du temps de marche. La rugosité spatiale pourrait être précisée, notamment celle du réseau hydrographique, en fonction de la largeur des cours d'eau et de leur profondeur. Pour les lieux de la partie Nord-Est et au Sud-Ouest du territoire de la Cité, moins accessibles, ne serait-il pas souhaitable d'envisager une analyse particulière de leur accessibilité vers des sites extérieurs à la Cité, pour relever d'éventuels effets de bord ?

Les accessibilités et les centralités d'un site pourraient également être de nouveau analysées par la proximité ou le voisinage d'un certain nombre de chemins (*Archeomedes*, 1998). La pertinence de ces chemins pourrait être également analysée par leur répétition (le nombre d'occurrences) sur l'ensemble des chemins de site à site.

Les méthodes de mises en réseau pourraient par exemple intégrer des intervalles de temps entre deux plus proches voisins successifs en fonction du niveau du site à atteindre.

D'autres analyses peuvent être effectuées uniquement dans le but de mieux comprendre l'organisation spatiale tels que les rapports de tailles au *plus proche voisin*, *plus proche voisin supérieur*, *plus proche voisin de classe supérieure*, etc.

Ces quelques pistes d'intégration d'une plus grande part de complexité dans la modélisation sont envisageables dans la mesure où elles ne nous éloignent pas de notre objectif initial qui est d'apporter une aide simple à la compréhension de l'organisation spatiale d'un territoire antique.

Cette modélisation pose les bases de nouvelles analyses et hypothèses sur l'organisation spatiale de la Cité. Elle peut servir d'organisation spatiale de référence dans une analyse diachronique pour émettre des hypothèses sur les processus des changements dans le temps. Les changements d'accessibilité dans le territoire au cours du temps¹⁰⁸ avec des déplacements plus fréquents à cheval, puis en chemin de fer permettraient d'analyser l'évolution de l'organisation spatiale de la Cité. Ces perspectives difficilement réalisables sur cet espace en raison du manque d'informations durant l'époque médiévale (XI^e–XII^e siècle). Toutefois, les travaux réalisés pour cette période du Haut-Empire servent actuellement de repère dans un travail collectif faisant abstraction de cette période

¹⁰⁸ Cf. les travaux d'A. Bretagnolle, 1999.

médiévale et montrant la résilience du système spatial à partir de plusieurs périodes¹⁰⁹. Il serait souhaitable par ailleurs de réitérer ce type de modélisation et l'ensemble des méthodes de mise en réseau des sites sur un espace mieux connu des archéologues.

¹⁰⁹ Ce travail collectif réalisé par P. Garmy, C. Rozenblat, L. Schneider et moi-même, fut présenté au colloque « *Temps et espaces de l'Homme en société : analyses et modèles spatiaux en archéologie* » en octobre 2004 (cf. conclusion, p.275).

Chapitre 5.

Structures spatiales et mises en réseaux des villes européennes pour définir un arc méditerranéen

Dans ce dernier chapitre, les méthodes de mises en réseaux serviront à proposer des *Réseaux de villes* à une échelle continentale européenne dans le but d'extraire les réseaux de villes autour de métropoles situées le long du littoral méditerranéen et définir ainsi un arc méditerranéen. Ces métropoles méditerranéennes appartiennent nécessairement aux Régions administratives du littoral méditerranéen. L'arc est pris ici uniquement dans le sens de la forme décrite par le littoral des 3 pays « latins » : l'Espagne, la France et l'Italie.

Longtemps ce sont les contraintes naturelles et physiques des espaces qui ont servi aux découpages de territoires et à la création de maillages administratifs. Pour qualifier un bassin ou un arc méditerranéen, un grand nombre de délimitations est ainsi réalisé sur ce type de caractéristiques (bassin-versant, limite de culture de l'olivier, climat, etc.). Bien qu'ayant une certaine cohérence, ce genre de délimitations est-il en mesure aujourd'hui de caractériser des territoires régionaux ? La réponse est complexe. Cependant, toutes ces mises en évidence de discontinuités spatiales fondées sur un critère de ressemblance, de par et d'autre de la discontinuité, démontrent la prise en compte indispensable d'un espace bien plus vaste que l'entité spatiale à distinguer.

Dans notre travail, nous cherchons également à mettre en évidence une cohérence interne propre aux régions méditerranéennes à partir de l'analyse des structures spatiales des Régions administratives européennes, d'une part, par les mises en réseaux des villes européennes et de regroupements (régionalisation) autour des métropoles méditerranéennes, d'autre part.

La première approche, plutôt « classique » s'attache alors à caractériser les répartitions spatiales et les organisations hiérarchiques à l'intérieur des Régions administratives européennes pour dégager les spécificités des Régions méditerranéennes par rapport aux autres Régions européennes. Ce sont ces spécificités qui permettraient de

définir un « arc méditerranéen latin ». D'autres travaux ont déjà analysé et défini les organisations spatiales européennes bien avant les travaux de cette thèse. Depuis les célèbres travaux de E. Juillard et H. Nonn (1976) sur la typologie des régions européennes, et les types « *Rhénan, Parisien et Périphérique* », plusieurs analyses ont repris le principe de ces travaux et apporté des précisions sur les structures spatiales de grandes régions européennes (Cattan N. et *al.*, 1992, 1999 ; Kaddouri L., 1997). D'autres, comme Chr. Voiron (1993), ont affiné l'analyse des structures spatiales des Régions littorales méditerranéennes italiennes, françaises et espagnoles dans le cadre d'une analyse comparative. L'approche que nous proposons reprend les principes de ces travaux, dans des limites régionales plus réduites que N. Cattan et *al.* (1999) et dans un contexte européen plus large que Chr. Voiron (1993).

Dans la deuxième approche, deux méthodes de mises en réseaux des villes européennes, basées sur des contraintes de proximités et de hiérarchie, et une méthode de regroupement à partir des graphes de relations permettent de dégager des réseaux de villes « régionaux » le long du littoral méditerranéen autour de métropoles. Ce sont ces réseaux de villes qui constituent « l'arc méditerranéen latin ». Les analyses des répartitions spatiales et des organisations hiérarchiques permettront de dégager les principales structures de ces réseaux de villes.

Bien que ces réseaux de villes soient d'abord destinés à définir un arc méditerranéen, ils permettent de proposer de manière générale des réseaux de villes hiérarchisés sur l'ensemble de l'Europe. Ces réseaux de villes hiérarchisés ne s'opposent nullement à l'égalité des villes et à leur complémentarité. Bien au contraire, nous avons définis les réseaux de villes hiérarchisés comme le modèle de référence de l'homogénéité dans les organisations hiérarchiques. Les rapports de tailles entre les villes successives de la distribution des tailles sont faibles. La primatie et la macrocéphalie sont égales et ne dépassent pas 2 (en théorie). Dans une régionalisation, autour de réseaux de villes comme nous la créons, ces caractéristiques font que le degré de polarisation des réseaux hiérarchisés est le plus bas qu'on puisse relever. Sachant que, quelle que soit la distribution spatiale des villes du système observé, les réseaux de villes ne pourront jamais être composés uniquement de villes de la même taille.

Leur mise au point à partir de méthodes d'emboîtement de type administratif pourrait servir une problématique plus générale, comme celle du « polycentrisme maillé » (Datar, 2002 ; G. Baudelle, B. Castagède, J.-L. Guigou ; 2002), définissant la régionalisation du territoire européen autour de ces *Réseaux de villes*.

Un « méta-système » : l'Union européenne des 15

L'Union européenne des 15 s'est imposée, pour plusieurs raisons, comme le « méta-système » pour mettre en évidence l'arc méditerranéen.

La première est qu'il contient toutes les Régions administratives de la façade méditerranéenne.

La seconde est que les réseaux de villes doivent être créés à partir d'un système de villes sans maillage ; ce qui impose un espace vaste sans barrière spatiale trop restrictive de type administratif. Les villes des réseaux méditerranéens pouvant par conséquent appartenir *a priori* à n'importe quelle Région administrative.

La troisième réside dans le fait que le système de villes européennes, même décomposé en sous-systèmes régionaux, forme un échantillon qui permet des analyses comparatives significatives.

Enfin, parce que cet ensemble possède une raison politique et économique.

Pour atteindre notre objectif, ce chapitre se décompose en trois parties.

La première partie s'attache à rechercher une certaine cohérence interne dans les Régions administratives méditerranéennes. C'est l'approche « classique » dans laquelle les grands traits des structures spatiales urbaines sont relevées à l'intérieur des Régions administratives européennes par les analyses des répartitions spatiales et des organisations hiérarchiques régionales. Nous montrerons par ces mesures que si un « arc méditerranéen latin » existe ce n'est pas par ces structures spatiales, non significativement différentes de celles des autres Régions européennes (« *Le système de villes européennes* », p.221).

Une seconde partie présente, en s'affranchissant des mailles administratives, plusieurs mises en réseaux des villes européennes et une régionalisation du territoire européen autour des métropoles régionales de dimensions européennes (« *Mises en réseaux des villes et régionalisations européennes* », p.236). Ce sont deux méthodes aux contraintes conjointes de proximités spatiales et d'emboîtement de hiérarchies de type administratif, qui définiront les réseaux de proximités hiérarchisés à partir desquels seront proposés des réseaux de villes. Deux autres méthodes de mises en réseaux déterminant des réseaux de proximités et de voisinages sont exposées pour spatialiser les proximités et les densités de villes autour des villes européennes.

Enfin dans une troisième partie, les répartitions spatiales et les organisations hiérarchiques des réseaux de villes méditerranéennes créés sont analysées pour dégager leurs structures spatiales. Par ces analyses ce sont également les « performances » des méthodes qui sont évaluées. Elles montrent que la méthode du *plus proche voisin de niveau supérieur* conduit vers réseaux de villes européens plus proche du modèle d'organisation hiérarchique des réseaux hiérarchisés (« *Analyse des structures spatiales des réseaux de villes* », p.249).

Un arc méditerranéen latin définit par des *Réseaux de villes méditerranéens*, aux structures spatiales différentes mais « convergentes » en terme d'organisation hiérarchique, est ainsi construit sur les caractéristiques des villes et le fonctionnement des systèmes de villes indépendamment de mailles administratives.

A. Le système de villes européennes

À travers l'analyse du système des villes européennes, nous souhaitons déterminer si des structures spatiales relevées dans les répartitions spatiales, les organisations hiérarchiques des Régions administratives du littoral méditerranéen se démarquent de celles des autres Régions européennes pour définir un arc méditerranéen. Il s'agit de repérer des particularités ayant trait à ces deux caractères de répartitions et d'organisation hiérarchique dans un contexte « régional ». Existe-t-il de ces points de vue des structures spatiales méditerranéennes spécifiques ?

Avant de procéder aux analyses des répartitions spatiales du semis de villes européennes puis à celles des organisations hiérarchiques régionales, une mise au point s'impose concernant le choix des villes et des mailles régionales.

A.1. Villes et mailles administratives

L'analyse « régionale » comparative des villes européennes exige l'adoption d'une définition harmonisée de la notion de ville. Fr. Moriconi-Ébrard, dans le cadre de l'élaboration de la base de données *Géopolis* (1993), que nous utilisons ici, s'est attaché à constituer une harmonisation dans les définitions de la ville pour pouvoir faire des études comparatives aux niveaux européen et mondial, en particulier sur le critère de population¹¹⁰. Pour résumer les choix de Fr. Moriconi-Ébrard, nous retiendrons simplement que la ville est ici considérée comme l'agglomération d'un point de vue morphologique basée sur la continuité du bâti (Carte 14, p.222). Cette base de données est constituée de l'ensemble des agglomérations de plus 10 000 habitants de l'Europe des 15.

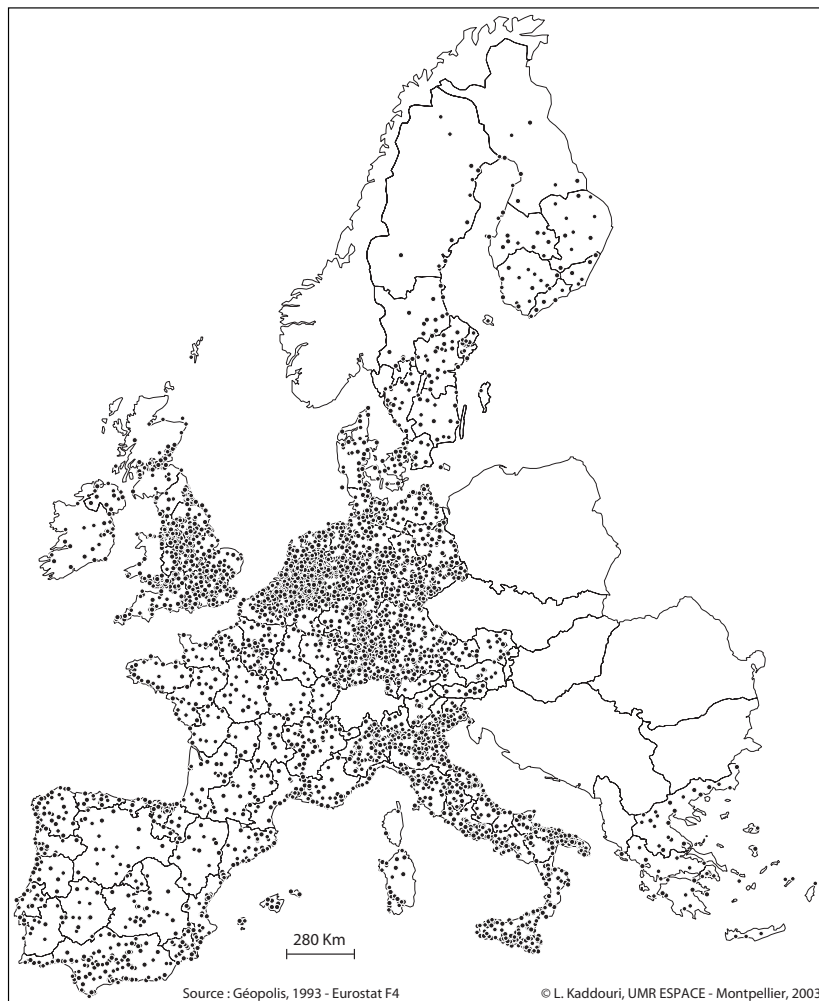
Cette définition de l'agglomération apporte des inconvénients comme celui de considérer comme identique une agglomération mononucléaire et une agglomération composée de deux noyaux, à la notoriété régionale moins importante¹¹¹, ou celui des conurbations qui peut laisser penser, dans un semis, à une faible densité de villes. C'est

¹¹⁰ Nous ne reviendrons pas ici sur ce qui a fait l'objet d'un ouvrage sur des données harmonisées sur une base mondiale (Moriconi-Ebrard Fr., 1993).

¹¹¹ « le regroupement spatial n'est pas un facteur de renforcement fonctionnel de chacun des centres : ainsi le rayonnement de deux unités locales de 500.000 habitants groupées en une seule conurbation est plus faible que celui d'une agglomération mono-nucléaire d'un millions d'habitants » (Moriconi-Ebrard Fr., 1993).

par exemple dans ce dernier cas, la ville d'Aix-en-Provence qui est incluse dans l'agglomération marseillaise. Ce problème des conurbations est partiellement corrigé lorsque les tailles de villes sont représentées.

L'agglomération, bien qu'elle puisse conduire à certaines mauvaises interprétations, est la meilleure définition statistique de la ville pour des comparaisons au niveau européen, et en descendant aussi bas dans la hiérarchie urbaine continentale. Il faut retenir que quel que soit le maillage utilisé, il existe toujours des effets de mailles (Grasland Cl., 1997)



Carte 14 : le semis des villes européennes en 1990

Le système de villes sur lequel nous nous appuyons est le système des villes européennes tel qu'il était en 1990. La très lente évolution des caractéristiques de ce système en matière de niveaux des villes et, dans un degré moindre, d'espacement (Cattan N. et al., 1993 ; Moriconi-Ébrard Fr., 1994 ; Bretagnolle A., 1999), permet d'envisager

avec une forte probabilité, des résultats sensiblement identique avec des données actualisées.

À l'échelle européenne, nous considérons comme méditerranéen l'ensemble des territoires ayant certes une façade littorale mais de dimensions spatiales plus réduite que celles d'un État.

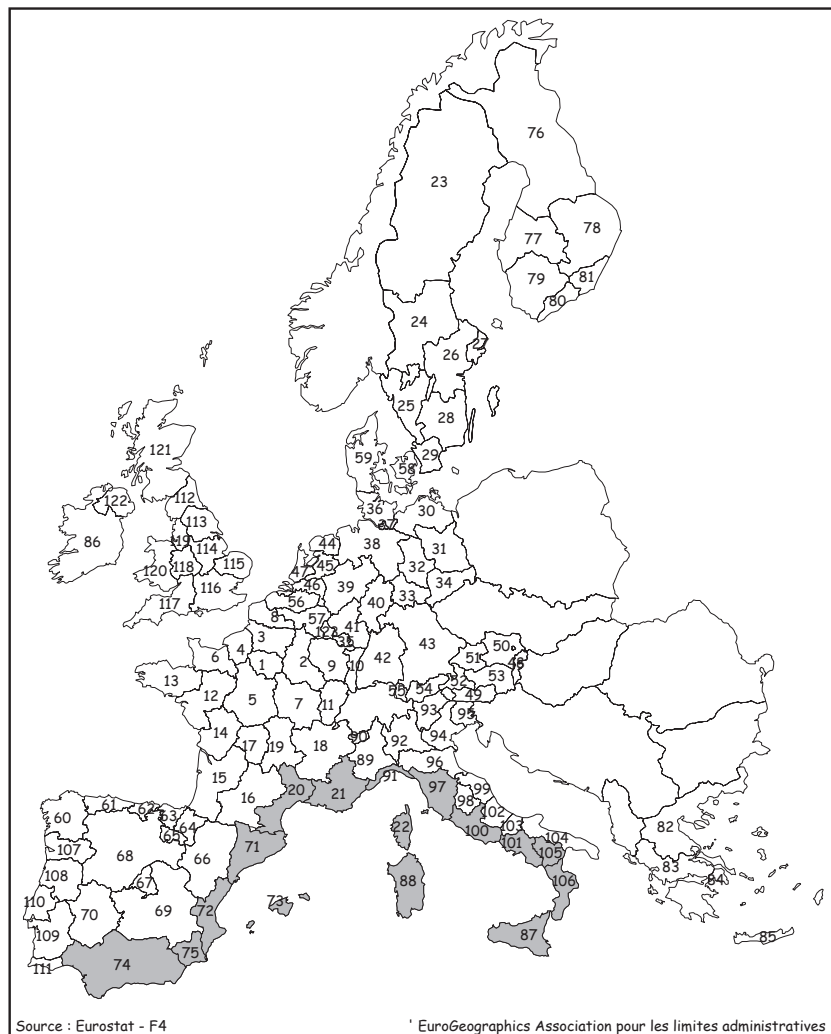
La première hypothèse que nous posons considère que des particularités méditerranéennes peuvent apparaître dans les structures spatiales urbaines à l'intérieur de maillages régionaux harmonisés. Elles seraient mises en évidence par comparaison aux répartitions spatiales et organisations hiérarchiques de l'ensemble des structures urbaines régionales. Ce sont ces particularités qui détermineraient alors un arc méditerranéen.

Pour tenter de vérifier cette hypothèse, la Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques (N.U.T.S. ou Nuts) de l'Union européenne, élaborée par Eurostat, est une réponse aux exigences de l'harmonisation de définition de maillage régionaux. Cette nomenclature utilise les différents découpages administratifs nationaux et propose 6 niveaux de maillages « comparables ». Le niveau correspondant au Nuts 0 est le pays, au Nuts 1 sont l'équivalent des régions programmes en France, au Nuts 2 est la Région française, au Nuts 3 correspond le département français. Mais, cette harmonisation, calquée sur les niveaux administratifs, n'est pas idéale dans le cadre d'une comparaison sur les répartitions spatiales et les distributions des populations au niveau régional. Bien que les niveaux soient harmonisés au niveau administratif, un nouveau maillage croisant les niveaux 1 et 2 (Nuts 1 ou 2) de la nomenclature est proposé du fait de l'hétérogénéité de certaines surfaces, du nombre de villes, de la taille des villes des mailles de ces Nuts 2. Ce nouveau maillage est créé dans la mesure où :

- s'il existe un « arc méditerranéen latin », nous faisons l'hypothèse qu'il se réalise à un niveau équivalent à celui des Régions françaises, c'est-à-dire au niveau II de cette nomenclature ;
- les Nuts 1 et 2 sont relativement bien adaptés aux différentes mesures de caractérisation des répartitions spatiales et des hiérarchies urbaines. En effet ils regroupent dans la plupart des cas un nombre suffisant de villes et une certaine cohérence de fonctionnement au moins administratif ou politique ;
- pour que les systèmes de villes régionaux soient significatifs au niveau européen, d'une part, et pour qu'ils s'apparentent à de véritables systèmes de villes comparables au sens des mesures que nous effectuons, d'autre

part, il faut un nombre de villes suffisant et/ou une superficie de « dimensions européennes ».

Les 123 entités régionales constituées dans les 15 pays de l'Union européenne (Carte 15, p.224) sont appelées : Régions ou Nuts 2.



Carte 15 : les Régions administratives européennes, Nuts 2

L'« arc méditerranéen latin » est défini *a priori* par les Régions italiennes, françaises et espagnoles possédant un littoral méditerranéen. Elles forment un ensemble allant de Gibraltar à la façade nord de la Sicile. Il comprend donc les 5 *comunautés autonomes* (en espagnol) espagnoles de l'Andalousie, Murcie, Valence, Catalogne, et des Baléares (codes 74, 75, 72, 71 et 73 ; Carte 15, p.224), les 3 Régions françaises du

Languedoc-Roussillon, de la Provence Alpes - Côte d'Azur et de la Corse (codes 20, 21, 22), pour terminer sur les 8 *regioni* italiennes de la Ligurie, la Toscane, du Latium, la Campanie, la Basilicate, la Calabre, la Sicile et la Sardaigne (codes 91, 97, 100, 101, 105, 106, 87 et 88). Cet ensemble de 16 unités spatiales régionales compte 574 villes de plus de 10.000 habitants.

A.2. La répartition régionale des villes européennes

L'hypothèse retenue dans cette section est qu'une particularité méditerranéenne peut se dégager par l'analyse des structures spatiales relevée dans les arrangements des villes dans l'espace. Il s'agit alors de caractériser les répartitions spatiales de l'ensemble des Régions européennes et par comparaison des mesures de voir si des structures urbaines formant un arc méditerranéen latin se démarquent de l'ensemble.

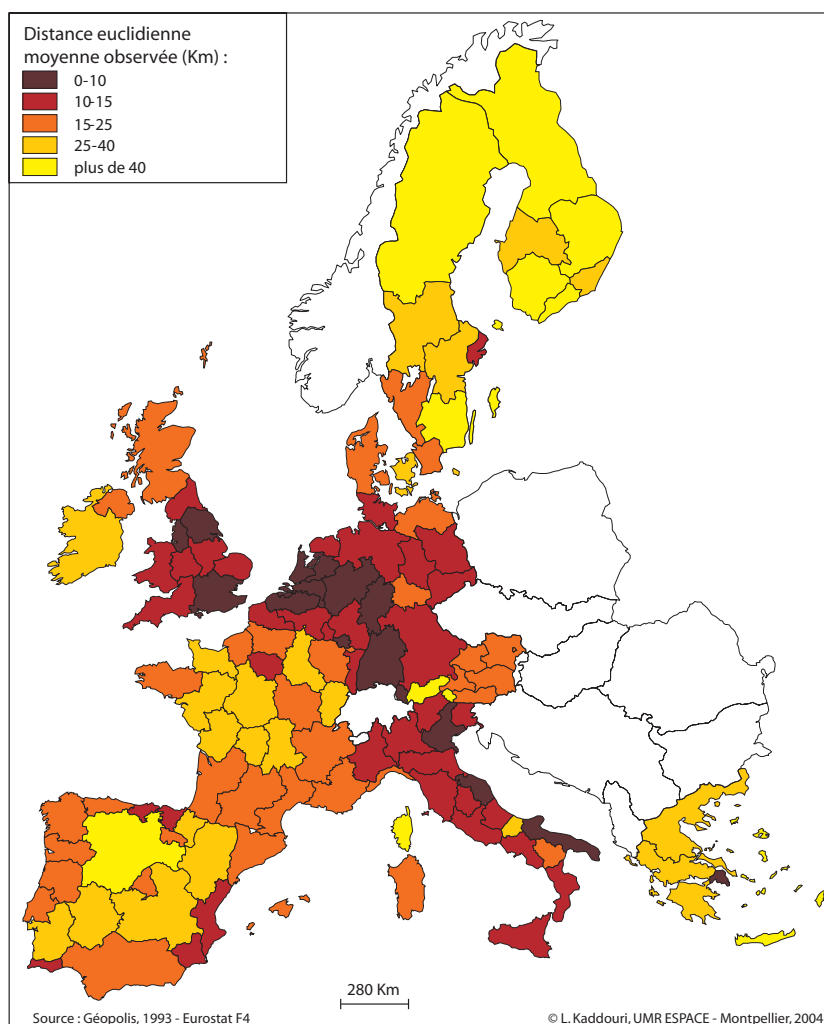
Cette analyse des arrangements urbains régionaux nécessite l'adoption d'une représentation et une formalisation de l'espace géographique. Dans ce chapitre, tous les développements sur l'espacement entre les villes sont réalisés avec la métrique euclidienne. L'espace euclidien intègre en effet trois propriétés qui sont fondamentales à une étude comparative :

- la propriété d'**isotropie** : la mesure de l'espacement se réalise de la même manière quels qu'en soient le sens ou la direction ;
- la propriété de **continuité** qui ne confère à l'espace aucune rupture ;
- la propriété d'**homogénéité** pour laquelle l'espace a les mêmes caractéristiques en tout point.

La prise en compte de cette métrique s'est imposée comme la plus adaptée à cette problématique. Sur un ensemble aussi vaste, elle est une approximation des distances par routes à une échelle européenne relativement bonne.

A.2.1. Les espacements entre les villes

Dans un premier temps, nous calculons la distance qui sépare, en moyenne, deux villes de plus de 10 000 habitants pour chacune des Régions. Cette distance correspond à la moyenne arithmétique des distances observées entre chaque ville et sa plus proche voisine quelle que soit sa taille. Cette mesure donne un aperçu des densités régionales de villes. C'est la distance observée : D_o (cf. p.90).



Carte 16 : les espacements moyens entre les villes dans les Régions européennes

Cette première mesure permet quelques observations (Carte 16, p.226). Les Régions méditerranéennes ne se distinguent en aucune manière des autres Régions européennes. Les espacements moyens mesurés dans les Régions italiennes sont cependant bien plus réduits que ceux des autres Régions de « l'arc méditerranéen », exprimant le fort nombre de villes du territoire italien dans son ensemble. Cela montre finalement les disparités à

l'intérieur de l'arc méditerranéen dont les distances moyennes varient entre 10 à 25 kilomètres (Corse mise à part). Ces espacements sont relativement réduits sachant que dans plus d'un tiers des Régions européennes les moyennes des distances séparant deux villes voisines sont supérieures à 25 km.

Ces mesures d'espacements renseignent sur les distances moyennes entre les villes, mais ne donnent aucune indication sur les arrangements des villes à l'intérieur de chaque Région.

Quelle est la forme de la répartition du semis urbain ? A-t-on affaire à des semis urbains régulièrement répartis, une concentration des villes ? ou à des répartitions de type aléatoire ? Est-ce que les semis régionaux méditerranéens ont un type d'arrangement spatial commun ou certains types qui les distingueraient de ceux des autres Régions européennes ?

A.2.2. Répartition et dispersion des semis régionaux

Le calcul de la statistique R pour toutes les Régions européennes permet de renseigner sur les caractéristiques de leur répartition spatiale (cf. p.90).

Le diagramme de distribution des rapports R (Figure 37, p.227) montre logiquement une distribution de type gaussien. La plupart des valeurs se situent autour de 1,2. Cette valeur très proche de la valeur 1 caractérise les répartitions de type aléatoire. Nous observons cependant quatre Régions dont les valeurs se situent autour de 2. Ces Régions ont des répartitions spatiales se rapprochant de la répartition régulière quadrangulaire. De ces quatre Régions, deux appartiennent à l'arc méditerranéen latin. Il s'agit des Baléares et de la Ligurie. Les deux autres étant autrichienne (Innsbruck) et finlandaise (Helsinki).

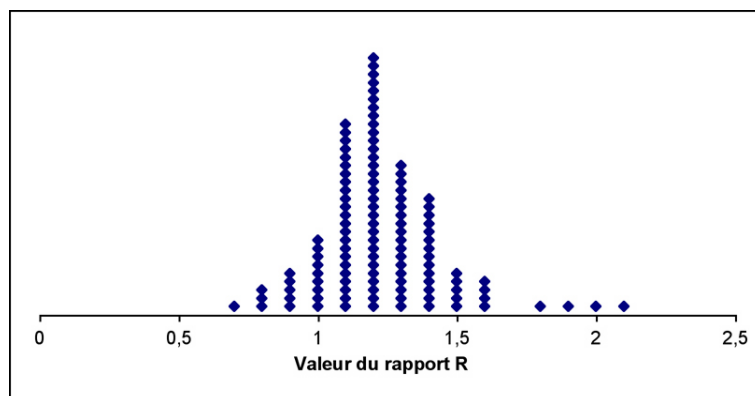
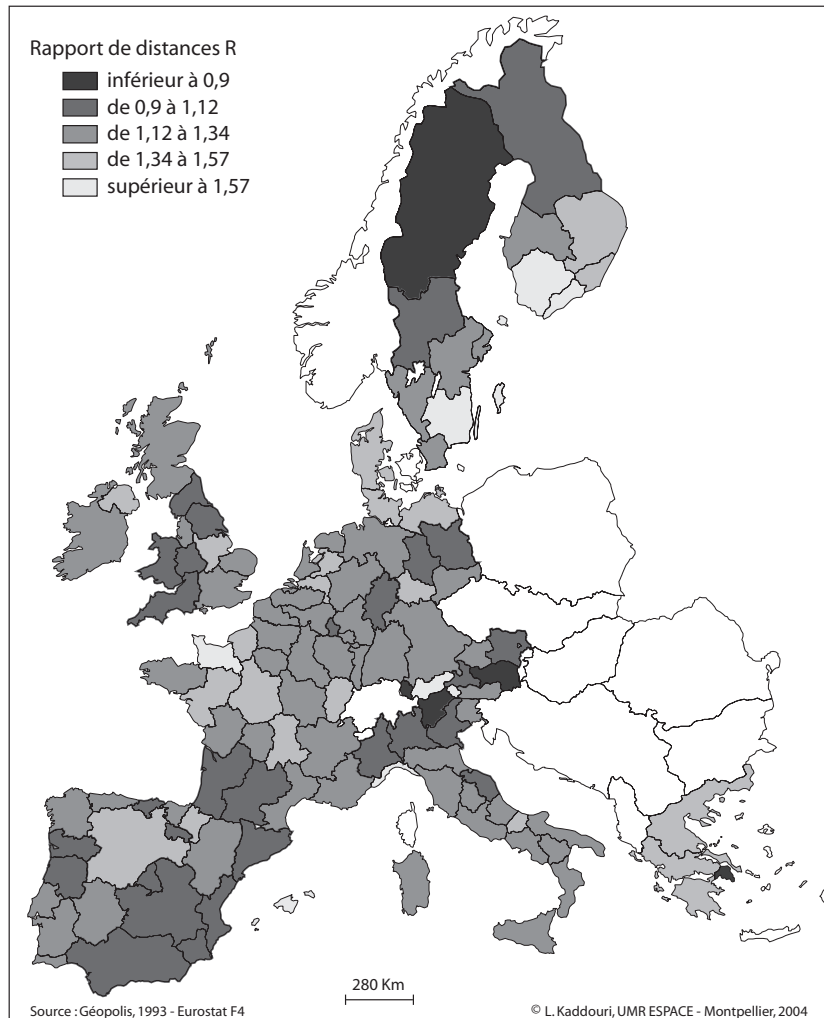


Figure 37 : diagramme de distribution des valeurs du rapport de R

Mises à part ces deux valeurs particulières, toutes les valeurs des Régions méditerranéennes se situent autour de la moyenne, signe de répartitions spatiales des

villes du type aléatoire. Elles font partie des 82% des Régions européennes dont la valeur se situe dans l'intervalle $[1,20 ; 1,40]$.



Carte 17 : le rapport R dans les Régions européennes

Au niveau spatial, l'illustration ci-dessus montre clairement que rien ne permet de distinguer une structure particulière.

Que ce soit avec l'analyse des distances moyennes observées ou avec celle de la statistique R , aucune particularité de répartition ne permet d'extraire un arc méditerranéen. Ces particularités méditerranéennes, si elles existent, ne sont donc pas à rechercher du côté des répartitions spatiales appréhendées par les Nuts 2.

fixée à 10.000 habitants. Le nombre minimal de villes dans la distribution régionale n'est pas fixé, mais systématiquement vérifié dans les Régions créées pour estimer la pertinence¹¹² des analyses. Bien qu'aucune mesure ne permette de le confirmer, on estime que la significativité des mesures débute au-delà de 30 villes¹¹³.

Pour chacune des distributions rang-taille régionales, les caractéristiques des organisations hiérarchiques se mesurent avec les deux ajustements différents linéaires et polynomiale (cf. p.103).

Les distributions rang-taille méditerranéennes

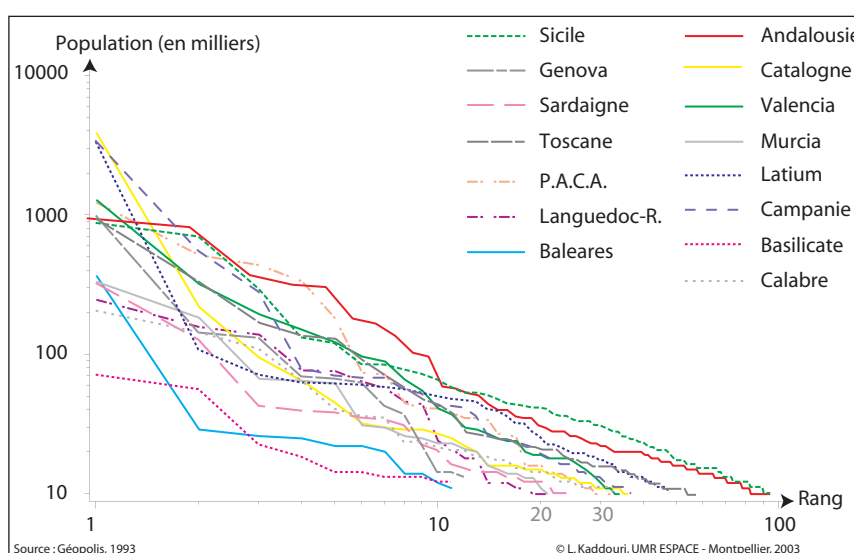


Figure 38 : distributions rang-taille de villes des Régions méditerranéennes

L'observation des distributions méditerranéennes en termes de « *concavité vers le haut ou vers le bas* » montre des formes contrastées (Figure 38, p.230). Ainsi dans les Régions de la Campanie (Naples) ou de la Catalogne (Barcelone), par exemple, il apparaît une « *concavité vers le haut* », marque d'un déficit de villes intermédiaires. Ce que confirme la mesure du coefficient de l'ajustement polynomial pour ces deux Régions : 0,55 pour la Campanie et 1,00 pour la Catalogne. Toutefois, ces concavités ne s'observent pas aux mêmes niveaux de populations et de rangs. Par opposition, un surplus de villes

¹¹² Avec une base de données plus complète sur l'ensemble des villes qui composent le système de peuplement européen, le seuil de l'urbain pour chacune des Régions aurait pu être déterminé au niveau où la courbe de distribution rang-taille s'incurve vers le bas (Zipf G.K., 1949)

¹¹³ Correspond au seuil à partir duquel on considère la « loi des grands nombres », permettant des tests statistiques dans des distributions d'échantillons. C'est aussi le seuil minimal fixé par Moriconi-Ebrard Fr. (1994) dans l'analyse des hiérarchies des systèmes nationaux à l'échelle planétaire.

intermédiaires apparaît pour la seule Région du Languedoc-Roussillon (Montpellier) ; mais la significativité n'est pas assurée du fait d'un nombre de villes relativement faible (22). Ceci est vrai également pour les autres Régions, dont le nombre de villes est inférieur au seuil minimal de 30, qui doivent donc toujours être analysées avec des réserves.

Pour les Régions de Valencia et de la Sicile (Palermo), les distributions linéaires s'apparentent à celles décrites par le modèle de la loi de Zipf, pour lesquelles il existe une relation « parfaite » entre le rang de la ville et la taille démographique. Les coefficients de la polynomiale, bien qu'étant proches de zéro (0,16 et 0,10) sont positifs, ce qui signifie que le nombre de villes intermédiaires est moins grand que ne le prévoit le modèle.

De manière générale, un manque plus ou moins prononcé de villes intermédiaires est constaté dans toutes les Régions méditerranéennes (Tableau 9, p.232) : toutes les valeurs des coefficients du second terme de l'ajustement polynomial sont supérieures à 0 (sauf en Languedoc-Roussillon, cas peu significatif).

Voilà donc la première caractéristique commune aux Régions méditerranéennes qui signale un nombre de villes intermédiaires faible, par rapport à une organisation théorique hiérarchisée conforme au modèle de la loi de Zipf.

Néanmoins, à l'intérieur de l'arc méditerranéen, deux structures hiérarchiques régionales se démarquent. La région de la Catalogne (Barcelone) s'illustre, tout comme celle du Latium (Rome), par une décroissance très marquée de la population entre la première et la seconde ville (forte primatie). Cet écart de population important entre les deux premières villes de ces Régions dénote la domination d'une grande métropole sur son système régional. Les coefficients de détermination des ajustements sont faibles par rapport à la loi de Zipf (0,85 et 0,86). Ils sont une conséquence directe de ces écarts de population qui traduisent, pour les villes primatiales de ces Régions, des valeurs observées bien supérieures à celles qui sont attendues. Cette remarque vaut pour les grandes métropoles européennes à l'intérieur des Nuts 2 : Paris ($R^2=0,71$), Athènes ($R^2=0,72$) ou Copenhague ($R^2=0,78$), par exemple.

À une échelle continentale, il n'existe pas un type d'organisation hiérarchique propre à cet ensemble européen. À une échelle nationale, l'appartenance à un même pays n'explique pas des organisations hiérarchiques régionales identiques (Tableau 9, p.232). Les différences de mesures entre les Régions méditerranéennes françaises et espagnoles et les autres Régions de ces mêmes pays attestent ce constat. Le manque de villes intermédiaires n'est pas une exclusivité des Régions méditerranéennes. En revanche, pour les Régions italiennes nous relevons un coefficient de l'ajustement polynomial toujours positif (« *concavité vers le haut* »), signe de Régions en déficit de villes intermédiaires selon le modèle. Mais les paramètres des équations de droite (pentes et ordonnées à

l'origine) montrent des concavités qui ne s'observent pas aux mêmes niveaux de populations et de rangs. Dans ces cas des Régions italiennes, nous avons donc plutôt affaire à des Régions dans lesquelles une ou plusieurs « grandes » villes dominent un nombre « important » de petites villes (grandes et important étant relatif aux tailles et au nombre de villes dans chacune des Régions).

Autre fait remarquable, l'ensemble des Régions allemandes possède un coefficient de l'ajustement polynomial très proche de 0, marque des Régions hiérarchisées, dans lesquelles, cependant, le rapport de tailles entre les villes successives de la hiérarchie varie fortement d'une région à l'autre.

Code	Métropole	Équation de la droite d'ajustement	R2	Coeff. Polyno.	N
1	Paris	$\log(p) = -1,30 \log(r) + 2,75$	0,71	1,57	27
2	Reims	$\log(p) = -1,20 \log(r) + 2,42$	0,96	-0,52	13
3	Amiens	$\log(p) = -0,95 \log(r) + 2,31$	0,98	-0,31	22
4	Rouen	$\log(p) = -1,24 \log(r) + 2,52$	0,96	0,40	19
5	Tours	$\log(p) = -1,24 \log(r) + 2,64$	0,96	-0,46	19
6	Caen	$\log(p) = -0,96 \log(r) + 2,16$	0,96	0,40	18
7	Dijon	$\log(p) = -1,08 \log(r) + 2,35$	0,95	-0,23	18
8	Lille	$\log(p) = -1,45 \log(r) + 3,19$	0,96	-0,48	29
9	Nancy	$\log(p) = -1,13 \log(r) + 2,62$	0,97	-0,12	25
10	Strasbourg	$\log(p) = -1,50 \log(r) + 2,60$	0,96	0,38	14
11	Besançon	$\log(p) = -1,13 \log(r) + 2,26$	0,94	-0,26	14
12	Nantes	$\log(p) = -1,33 \log(r) + 2,75$	0,96	0,07	22
13	Rennes	$\log(p) = -1,08 \log(r) + 2,52$	0,98	-0,10	23
14	Poitiers	$\log(p) = -0,89 \log(r) + 2,23$	0,89	-0,77	12
15	Bordeaux	$\log(p) = -1,31 \log(r) + 2,73$	0,98	0,12	23
16	Toulouse	$\log(p) = -1,12 \log(r) + 2,45$	0,94	0,52	23
17	Limoges	$\log(p) = -1,63 \log(r) + 2,22$	0,97	0,61	6
18	Lyon	$\log(p) = -1,21 \log(r) + 3,01$	0,98	-0,03	44
19	Clermont-F.	$\log(p) = -1,22 \log(r) + 2,36$	0,93	-0,26	10
20	Montpellier	$\log(p) = -1,23 \log(r) + 2,63$	0,94	-0,59	22
21	Marseille	$\log(p) = -1,49 \log(r) + 3,18$	0,98	0,04	31
22	Alajaccio				2
23	Umea	$\log(p) = -0,66 \log(r) + 1,89$	0,83	-0,86	12
24	Gavle	$\log(p) = -0,75 \log(r) + 1,91$	0,98	-0,21	16
25	Goteborg	$\log(p) = -1,00 \log(r) + 2,29$	0,91	0,68	20
26	Uppsala	$\log(p) = -0,94 \log(r) + 2,31$	0,89	-0,63	21
27	Stockholm	$\log(p) = -1,43 \log(r) + 2,58$	0,85	1,27	12
28	Jonkoping	$\log(p) = -0,65 \log(r) + 1,84$	0,99	0,11	15
29	Malmoe	$\log(p) = -1,21 \log(r) + 2,29$	0,99	0,26	12
30	Rostock	$\log(p) = -0,90 \log(r) + 2,37$	0,98	0,15	35
31	Berlin	$\log(p) = -1,14 \log(r) + 2,85$	0,89	0,39	41
32	Halle	$\log(p) = -0,89 \log(r) + 2,53$	0,96	-0,06	40
33	Erfurt	$\log(p) = -0,88 \log(r) + 2,42$	0,97	-0,21	31
34	Dresden	$\log(p) = -1,09 \log(r) + 2,87$	0,97	0,15	60
35	Saarbrücken	$\log(p) = -1,33 \log(r) + 2,50$	0,98	0,34	10
36	Kiel	$\log(p) = -0,98 \log(r) + 2,48$	0,98	0,17	38
37	Hamburg				1
38	Bremen	$\log(p) = -0,89 \log(r) + 2,89$	0,99	0,00	127
39	Düsseldorf	$\log(p) = -0,89 \log(r) + 3,06$	0,96	0,14	168
40	Frankfurt	$\log(p) = -0,91 \log(r) + 2,71$	0,95	0,36	88
41	Mannheim	$\log(p) = -1,08 \log(r) + 2,73$	0,98	-0,01	37
42	Stuttgart	$\log(p) = -0,87 \log(r) + 2,90$	0,99	-0,02	152
43	München	$\log(p) = -0,87 \log(r) + 2,83$	0,97	0,21	150
44	Groningen	$\log(p) = -0,79 \log(r) + 2,33$	0,94	-0,26	31
45	Arnhem	$\log(p) = -0,88 \log(r) + 2,64$	0,98	-0,09	61
46	Eindhoven	$\log(p) = -1,06 \log(r) + 2,86$	0,96	-0,25	53
47	Rotterdam	$\log(p) = -1,33 \log(r) + 3,29$	0,98	0,05	60
48	Eisenstadt				1
49	Klagenfurt	$\log(p) = -1,23 \log(r) + 2,03$	0,94	-0,29	7
50	Wien	$\log(p) = -1,63 \log(r) + 2,68$	0,85	1,58	14
51	Linz	$\log(p) = -1,50 \log(r) + 2,38$	0,96	0,63	9
52	Salzburg	$\log(p) = -2,41 \log(r) + 2,31$	0,96	-3,91	3
53	Graz	$\log(p) = -1,41 \log(r) + 2,21$	0,92	1,27	9
54	Innsbruck	$\log(p) = -1,58 \log(r) + 1,95$	0,76	4,14	5
55	Bregenz	$\log(p) = -0,68 \log(r) + 1,76$	0,89	-0,42	8
56	Bruxelles	$\log(p) = -0,97 \log(r) + 2,93$	0,97	0,26	108
57	Liege	$\log(p) = -1,16 \log(r) + 2,76$	0,96	0,22	40
58	København	$\log(p) = -1,21 \log(r) + 2,46$	0,78	1,32	17
59	Århus	$\log(p) = -0,92 \log(r) + 2,42$	0,98	-0,19	31
60	Vigo	$\log(p) = -1,05 \log(r) + 2,60$	0,93	0,25	44
61	Gijón	$\log(p) = -1,37 \log(r) + 2,45$	0,90	1,03	13
62	Santander	$\log(p) = -1,64 \log(r) + 2,26$	0,93	1,34	7
63	Bilbao	$\log(p) = -1,39 \log(r) + 2,78$	0,93	0,73	22
64	Pamplona	$\log(p) = -2,37 \log(r) + 2,30$	0,95	3,08	4
65	Logrono	$\log(p) = -2,18 \log(r) + 2,04$	0,96	3,69	3
66	Zaragoza	$\log(p) = -1,44 \log(r) + 2,50$	0,93	1,20	13
67	Madrid	$\log(p) = -3,09 \log(r) + 3,18$	0,83	5,33	6
68	Valladolid	$\log(p) = -1,26 \log(r) + 2,74$	0,95	-0,61	21
69	Albacete	$\log(p) = -0,85 \log(r) + 2,22$	0,95	-0,36	25
70	Badajoz	$\log(p) = -1,07 \log(r) + 2,17$	0,98	-0,11	14
71	Barcelona	$\log(p) = -1,19 \log(r) + 2,71$	0,85	1,00	36
72	Valencia	$\log(p) = -1,29 \log(r) + 2,96$	0,99	0,16	34
73	Palma de M.	$\log(p) = -1,15 \log(r) + 2,18$	0,79	1,35	11
74	Sevilla	$\log(p) = -1,01 \log(r) + 2,95$	0,97	0,22	100
75	Murcia	$\log(p) = -1,11 \log(r) + 2,49$	0,98	0,16	21
76	Oulu	$\log(p) = -0,97 \log(r) + 1,99$	0,86	0,26	9
77	Vaasa	$\log(p) = -0,88 \log(r) + 1,94$	0,95	-0,12	12
78	Kuopio	$\log(p) = -0,80 \log(r) + 1,92$	0,97	-0,22	10
79	Tampere	$\log(p) = -1,27 \log(r) + 2,54$	0,95	-0,41	15
80	Heisinki	$\log(p) = -2,38 \log(r) + 2,66$	0,88	3,71	6
81	Kotka	$\log(p) = -0,84 \log(r) + 1,90$	0,52	-3,40	5
82	Salonique	$\log(p) = -1,13 \log(r) + 2,58$	0,93	0,28	21
83	Patras	$\log(p) = -0,77 \log(r) + 2,10$	0,92	-0,11	20
84	Athènes	$\log(p) = -2,47 \log(r) + 2,84$	0,72	5,40	7
85	Herakleion	$\log(p) = -1,08 \log(r) + 2,10$	0,98	-0,39	9
86	Dublin	$\log(p) = -1,19 \log(r) + 2,55$	0,92	0,79	25
87	Palermo	$\log(p) = -0,89 \log(r) + 2,76$	0,98	0,10	95
88	Cagliari	$\log(p) = -0,98 \log(r) + 2,29$	0,95	0,33	24
89	Torino	$\log(p) = -0,94 \log(r) + 2,58$	0,92	0,30	50
90	Aosta				1
91	Genova	$\log(p) = -1,57 \log(r) + 2,84$	0,95	0,01	12
92	Milano	$\log(p) = -1,16 \log(r) + 3,01$	0,95	0,40	64
93	Trento	$\log(p) = -1,03 \log(r) + 2,13$	0,93	-0,26	12
94	Venezia	$\log(p) = -0,94 \log(r) + 2,67$	0,98	0,14	67
95	Trieste	$\log(p) = -1,12 \log(r) + 2,33$	0,94	0,43	19
96	Bologna	$\log(p) = -1,07 \log(r) + 2,85$	0,97	-0,13	56
97	Firenze	$\log(p) = -1,03 \log(r) + 2,73$	0,97	0,31	56
98	Perugia	$\log(p) = -0,93 \log(r) + 2,20$	0,98	0,04	18
99	Ancona	$\log(p) = -0,81 \log(r) + 2,22$	0,96	-0,26	30
100	Roma	$\log(p) = -0,97 \log(r) + 2,65$	0,86	0,32	48
101	Napoli	$\log(p) = -1,32 \log(r) + 3,01$	0,95	0,55	37
102	Pescara	$\log(p) = -0,98 \log(r) + 2,26$	0,97	-0,13	19
103	Campobasso	$\log(p) = -0,84 \log(r) + 1,71$	0,98	-0,09	4
104	Bari	$\log(p) = -0,80 \log(r) + 2,61$	0,99	0,12	93
105	Potenza	$\log(p) = -0,78 \log(r) + 1,81$	0,90	0,48	11
106	Reggio di C.	$\log(p) = -0,87 \log(r) + 2,27$	0,97	0,20	34
107	Porto	$\log(p) = -1,30 \log(r) + 2,56$	0,88	1,04	19
108	Coimbra	$\log(p) = -0,78 \log(r) + 2,01$	0,99	0,01	16
109	Lisboa	$\log(p) = -1,35 \log(r) + 2,47$	0,66	2,23	15
110	Setubal	$\log(p) = -0,85 \log(r) + 1,84$	0,91	0,77	12
111	Faro	$\log(p) = -0,67 \log(r) + 1,64$	0,95	-0,12	9
112	Teesside	$\log(p) = -0,98 \log(r) + 2,54$	0,98	0,01	35
113	West Yorks.	$\log(p) = -1,27 \log(r) + 3,05$	0,96	0,26	50
114	Nottingham	$\log(p) = -1,08 \log(r) + 2,85$	0,99	-0,06	47
115	Norwich	$\log(p) = -1,06 \log(r) + 2,46$	0,96	-0,26	24
116	Grand Lond.	$\log(p) = -1,04 \log(r) + 3,26$	0,97	-0,01	135
117	Bristol	$\log(p) = -1,00 \log(r) + 2,76$	0,99	0,04	57
118	W. Midland	$\log(p) = -1,26 \log(r) + 2,96$	0,93	0,19	34
119	G. Manchester	$\log(p) = -1,36 \log(r) + 3,33$	0,98	-0,10	45
120	Cardiff	$\log(p) = -0,88 \log(r) + 2,40$	0,96	0,17	41
121	Glasgow	$\log(p) = -1,02 \log(r) + 2,86$	0,99	0,06	62
122	Belfast	$\log(p) = -1,36 \log(r) + 2,36$	0,88	1,43	12
123	Luxembourg	$\log(p) = -1,34 \log(r) + 2,07$	0,97	-0,34	6

Tableau 9 : équations et indices des droites d'ajustement des distributions rang-taille des systèmes de villes régionaux européens

A.3.2. Macrocéphalies des Régions européennes

Nous avons pu constater que certaines hiérarchies avaient des formes caractérisant des systèmes dits polarisés, d'autres plutôt multipolaires dans le sens d'une hiérarchie rang-taille. Pour apporter des précisions quant au poids de certaines villes dans la hiérarchie, en particulier celui des grandes, et affiner les analyses sur le type d'organisation hiérarchique, les mesures des indices de primatie et de macrocéphalie sont entreprises.

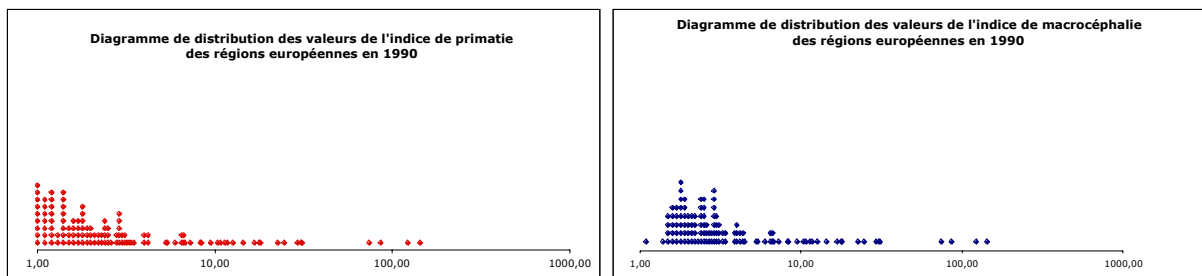
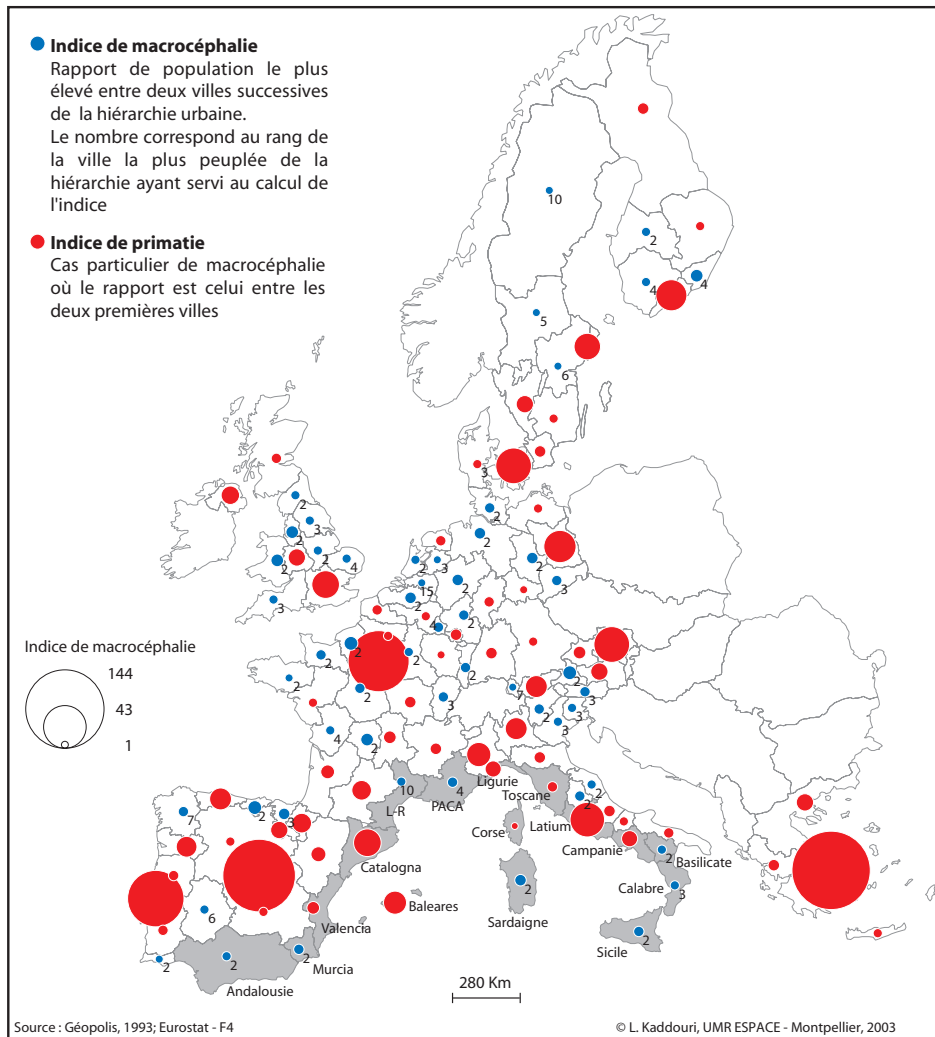


Figure 39 : distributions des indices de macrocéphalie et de primatie des Régions européennes

Que montre l'analyse spatiale de ces mesures (Figure 39, ci-dessus) ? Quelle est la tendance des résultats de ces mesures dans les Régions méditerranéennes ?

La représentation cartographique de ces deux indices sur une même carte, espérant en faciliter son analyse, est proposée comme une expérimentation (Carte 19, p.234). Les macrocéphalies sont représentées en bleu lorsque le rang de la ville la plus haute de la hiérarchie ayant servi au calcul de l'indice est supérieur ou égal à 2. Sinon, l'indice de macrocéphalie est égal à l'indice de primatie, représenté par un cercle rouge. Les cercles sont proportionnels aux valeurs des indices.



Carte 19 : macrocéphalie des Régions européennes

Il apparaît une sorte d'axe de symétrie vertical suivant la vallée du Rhône qui ferait correspondre les situations des Régions espagnoles aux situations des Régions italiennes. Ce sont sensiblement les mêmes structures hiérarchiques macrocéphales qui sont relevées du nord au sud de l'Espagne et de l'Italie, toutes proportions gardées quant aux populations des villes.

À la situation de Rome répond la situation de Barcelone, villes de plus 2 millions d'habitants aux dimensions nationales et européennes, pour lesquelles le cadre régional ne peut en aucun cas refléter le rayonnement de ces villes. Les indices de primatie sont là pour appuyer ce constat (respectivement 29 et 18). Ce sont donc des systèmes régionaux de types « centralisés » : des **systèmes fortement polarisés** (confirmé par des coefficients de détermination faibles et des coefficients de l'ajustement polynomial positifs).

Au sud, les valeurs de la macrocéphalie et de la primatie dans les Régions de Valencia, Murcie et d'Andalousie correspondent aux situations de la Campanie, de la

Basilicate, de la Calabre et de la Sicile. Les primaties sont faibles pour les premières (Valencia et Campanie) et pour Basilicate, Sicile, Murcie, Andalousie les macrocéphalies sont faibles et se situent au rang 2 (sauf pour la Calabre, au rang 3). Ce sont des « **systèmes régionaux à tendance bicéphale**¹¹⁴ ».

Les situations des deux Régions françaises sont un peu particulières puisque des macrocéphalies relativement faibles sont relevées au rang 10 pour le Languedoc-Roussillon et au rang 4 pour la Provence-Alpes-Côte d'Azur. Elles correspondent à des « **systèmes multipolaires** ».

Les mesures des indices de primatie et de macrocéphalie, bien que précisant les organisations hiérarchiques des Régions européennes, ne permettent pas non plus de dégager des structures particulières des Régions méditerranéennes dans un contexte européen.

Conclusion sur les structures spatiales régionales européennes

Des points communs entre les Régions administratives méditerranéennes ont bien été décelés : manque de villes intermédiaires, répartition spatiale des villes de type aléatoire. Mais ils sont insuffisants pour caractériser un « arc méditerranéen » car d'autres Régions européennes, notamment certaines qui sont contiguës à ces Régions littorales, possèdent ces mêmes caractéristiques. S'il existe un particularisme méditerranéen, au niveau européen, ce n'est pas du côté des structures urbaines au niveau administratif régional qu'il se trouve.

¹¹⁴ Le système de villes est bicéphale si le niveau de rupture de population est important.

B. Mises en réseaux des villes et régionalisations européennes

Après avoir constaté qu'il n'apparaissait pas de structures spatiales urbaines propres aux Régions administratives méditerranéennes, s'est posée la question de la pertinence de l'analyse à l'intérieur de ces mailles pour déceler d'éventuelles structures urbaines méditerranéennes. Il nous a semblé que cette recherche devait se faire de manière transversale, le long de la façade méditerranéenne, indépendamment des limites administratives régionales et nationales.

Aussi, l'application de méthodes de mises en réseaux de villes, qui tiennent compte des espacements et des tailles de villes permettrait de prendre en compte dans une plus large mesure les structures spatiales régionales en tenant compte de l'ensemble des structures des sous-systèmes qui ne constituent pas obligatoirement une maille administrative.

Il s'agit alors de mettre en évidence des réseaux de villes méditerranéens construits à partir des espacements et des tailles de villes sur l'ensemble des villes européennes sans considérer de maillage régional.

Cet objectif est atteint en deux temps. Dans un premier temps, les villes européennes sont mises en réseaux en appliquant les méthodes qui conduisent à la création de réseaux de villes selon le principe de hiérarchie administrative. Dans un deuxième temps, est appliquée, sur les graphes représentatifs de ces réseaux, une méthode de regroupements pour aboutir à des sous-systèmes régionaux de villes européennes deux à deux disjoints.

B.1. Les mises en réseaux des villes européennes

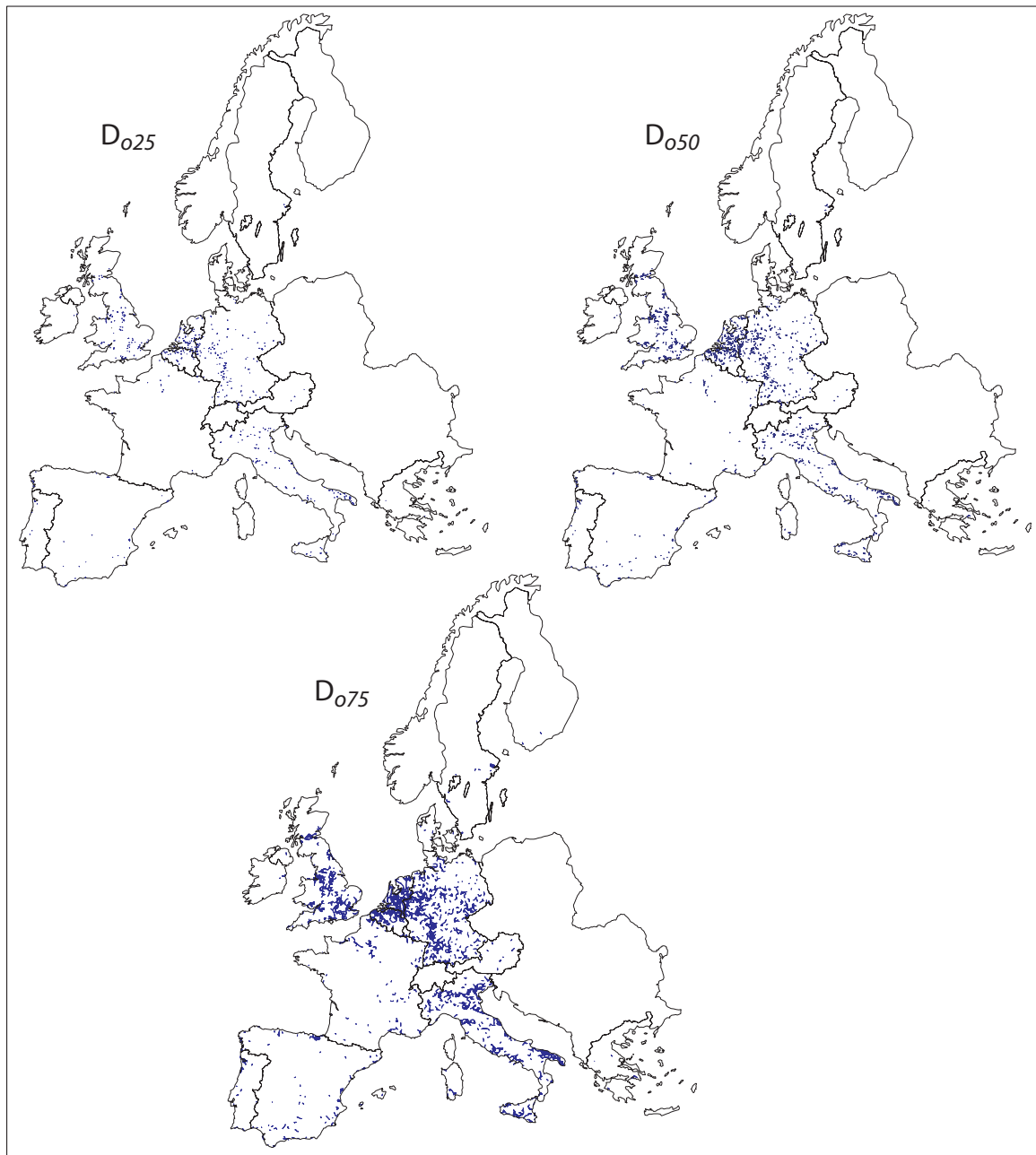
Une régionalisation du territoire européen pour dégager des *Réseaux de villes* qui caractériseraient l'arc méditerranéen latin, nécessite la mise en réseaux des villes européennes selon le principe de la hiérarchie administrative. Rappelons que cette mise en réseau introduit des contraintes d'espacements et de rapports de taille de villes.

Pour mieux se familiariser avec les densités de voisinages et les proximités, sans maillage, sont présentées succinctement les méthodes menant aux réseaux de voisinage et de proximité. Par la suite sont appliquées les deux méthodes qui serviront à l'analyse et à la « régionalisation » du territoire européen et une première observation des compositions urbaines de réseaux de villes méditerranéens construits est effectuée.

B.1.1. Réseaux de voisinage et de proximité spatiale

Si l'analyse des répartitions spatiales est importante pour déceler d'éventuelles structures spatiales dans les arrangements des villes, l'application des mises en réseaux de proximité et de voisinage permettent de les révéler visualiser. À défaut de les mesurer (cf. p.250), les densités de voisinages et les différentes distances entre les villes sont très nettement perceptibles (Rozenblat C., 1995 ; Kaddouri L., 1997). Les critères de voisinage et de proximité sont alors privilégiés pour créer des réseaux de villes.

Les réseaux de voisinage permettent de visualiser les densités de voisinages en faisant varier le rayon de voisinage. Dans notre exemple, ont été reproduit les réseaux de voisinages selon trois rayons de voisinage. Ces trois rayons représentent des quantiles de la distribution des distances observées D_o , distance au plus proche voisin pour chaque ville. Ce sont, plus précisément, les valeurs D_{o25} , D_{o50} et D_{o75} correspondant aux 1^{er}, 2^e (médiane) et 3^e quartiles de cette distribution. Pour 25% des villes européennes de plus de 10 000 habitants, la distance au plus proche voisin est inférieure à 7,3 km (D_{o25}). Pour 50% d'entre elles, cette distance (D_{o50}) est inférieure à 11 km. Enfin, pour 75% des villes européennes, la plus proche voisine se situe à moins de 17,3 km (D_{o75}). La ville la plus éloignée de toute autre se situe à près de 256 km.



Carte 20 : les réseaux européens de voisinages¹¹⁵

Ces représentations permettent d’apprécier et de comparer les augmentations de la densité de villes autour des villes européennes.

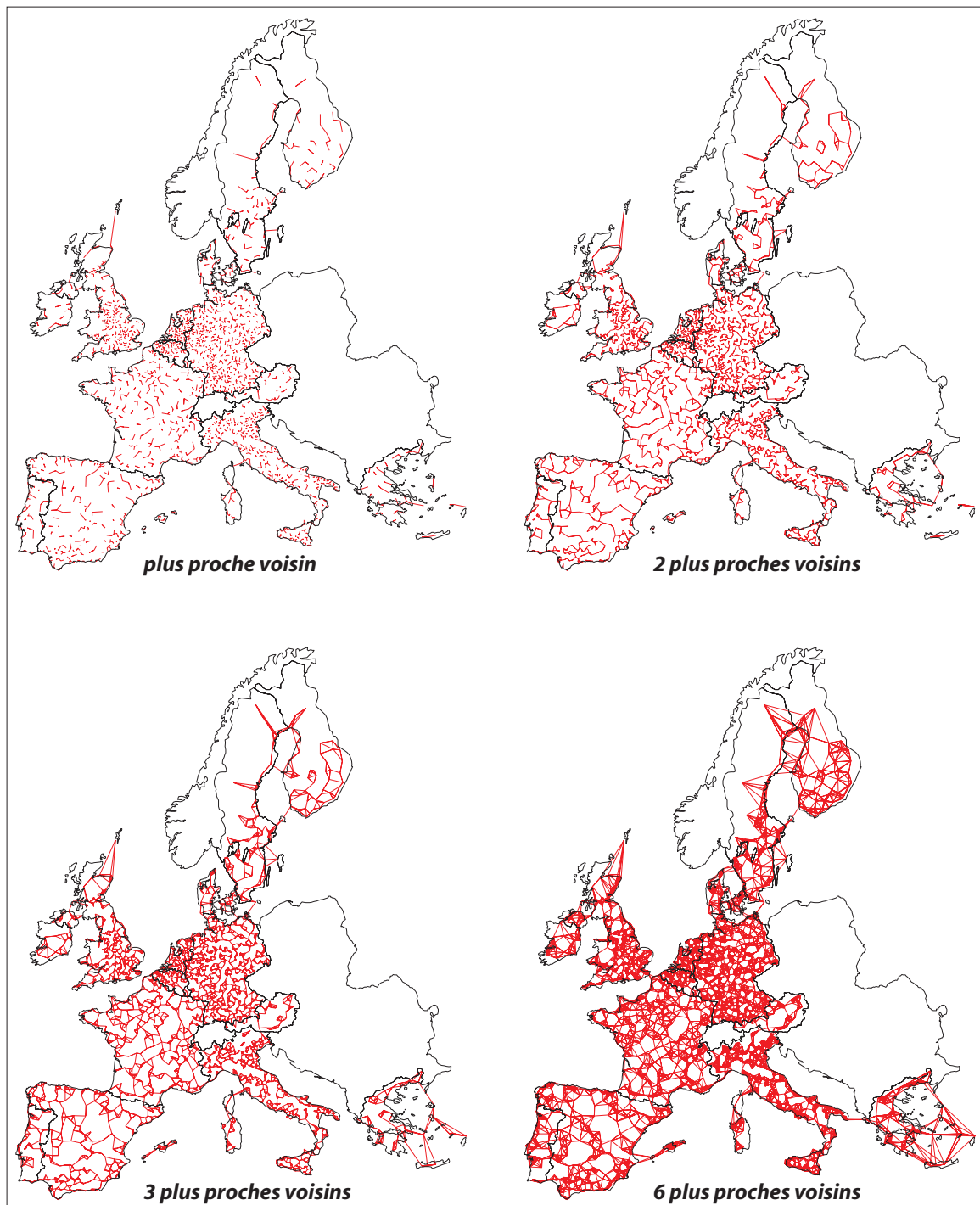
Bien que des sous-réseaux disjoints apparaissent le long de la façade méditerranéenne, il n’est pas envisageable de proposer autour de ceux-ci la constitution

¹¹⁵ Pour ne pas ajouter à la densité des arcs, celles des nœuds, le semis a volontairement été supprimé pour cette carte et la suivante (Carte 21, p.240).

de Réseaux de villes couvrant l'ensemble de la façade méditerranéenne. Toutes les villes bordant le littoral n'appartiennent pas à un réseau.

C'est l'inconvénient de ces méthodes de voisinages dans une problématique de régionalisation. Pour que toutes les villes soient reliées à au moins une autre ville il faudrait utiliser la distance maximale relevée au plus proche voisin, c'est-à-dire 256 km.

Pour combler le fait que toutes les villes ne sont pas connectées à un réseau local, l'approche par les plus proches voisinages apporte une solution plus appropriée. En effet, rechercher un plus proche voisin permet pour chaque ville d'entretenir au moins une relation. Outre la représentation du plus proche voisin d'ordre 1, nous avons représenté les plus proches voisins d'ordre 2, 3 et 6, en référence, pour cette dernière, aux travaux de J.D. Nystuen et M.F. Dacey (1961). Ces représentations cartographiques permettront d'illustrer les graphiques de relations de proximité réalisés plus loin (cf. Figure 40, p.253).



Carte 21 : les plus proches voisins d'ordre 1, 2, 3 et 6

La connectivité du réseau augmente avec le nombre de relation. Le graphe est connexe à l'échelle européenne avec les 6 plus proches voisins. En ce qui concerne le littoral méditerranéen, seul les villes de la façade française appartiennent au même réseau de proximité dès le 2^e plus proche voisin. Pour les villes italiennes et espagnoles, la connexité se fait vers l'intérieur des deux pays, pour appartenir au même réseau à partir

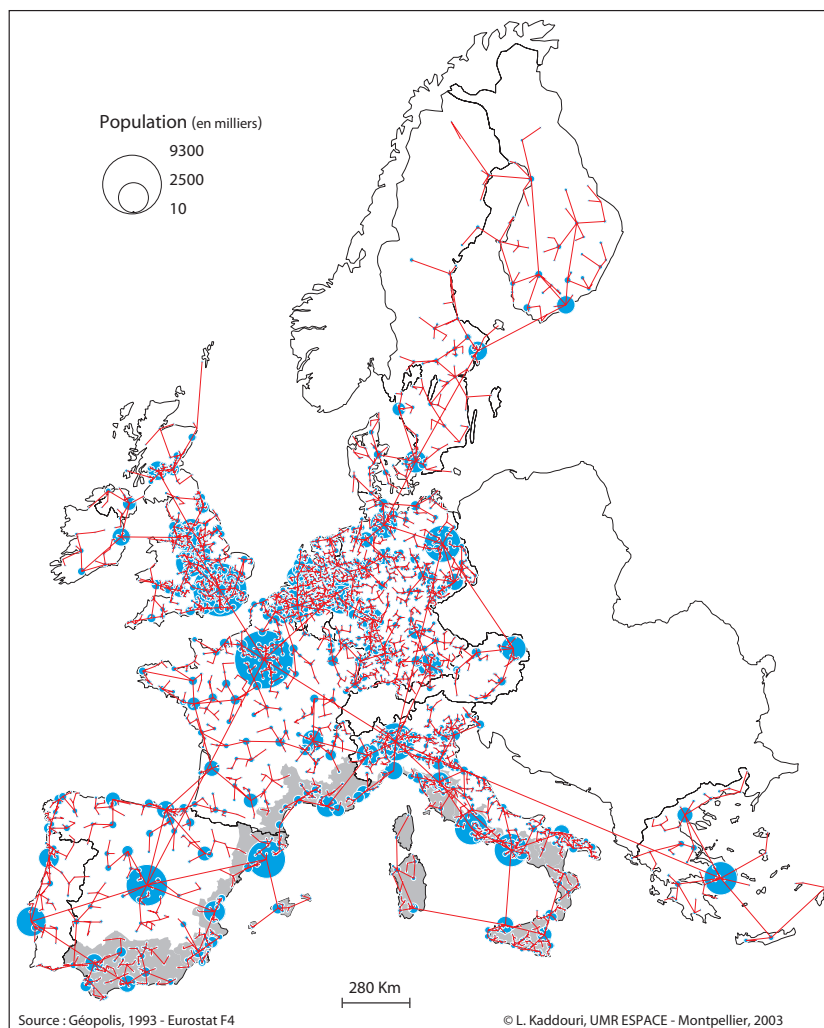
du 6^e plus proche voisin (peut-être avant cet ordre de proximité car pour 6 voisins, toutes les villes européennes appartiennent au même réseau).

B.1.2. Mise en réseaux selon les populations

Les méthodes qui suivent ces mises en réseaux de voisinage et de proximité serviront directement à proposer des *Réseaux de villes* pour régionaliser le territoire européen, en introduisant les tailles de villes dans les contraintes de proximité.

Afin de mettre en réseau les villes européennes, la taille de ville est représentée par la population. La méthode met en évidence des réseaux de villes selon l'hypothèse d'emboîtements de la hiérarchie de type administratif et suppose que chaque ville entretient des relations privilégiées avec sa plus proche voisine sous contrainte de supériorité de taille. C'est en appliquant la recherche du *plus proche voisin supérieur* par les tailles pour chaque ville que sont déterminés les ***réseaux de proximités hiérarchisés***.

Considérer un habitant supplémentaire comme gage de supériorité, de niveau d'une ville sur l'autre, traduit un niveau de polarisation faible (cf. p.154). En ce sens, les réseaux hiérarchisés proposés sont *a priori* faiblement hiérarchisés.



Carte 22 : la mise en réseaux des villes européennes selon la méthode du plus proche voisin supérieur

De manière logique, plus on monte dans la hiérarchie et plus les portées augmentent. Ce qui permet d’entrevoir dans certains espaces des sous-réseaux locaux de villes, aux portées plus courtes, et des réseaux continentaux, aux portées plus longues entre les grandes villes du système de villes européennes. Les différentes analyses nous en dirons plus sur d’éventuelles structures spatiales à l’intérieur de ces sous-réseaux.

Cette méthode possède cependant l’inconvénient majeur et contestable de mettre en relation des villes dont les tailles démographiques sont très proches. De fait, elle peut traduire en systèmes polarisés des systèmes, qui, dans l’observation, sont des systèmes multipolaires. Elle transformerait des relations de dépendance en relations de complémentarité ou concurrence. Ce résultat est la conséquence directe de la prise en compte de l’habitant supplémentaire comme un gage de niveau de fonctions supérieures.

Une alternative revient à une représentation des relations hiérarchiques entre les villes par l'introduction de classe de populations.

B.1.3. Mises en réseaux selon des niveaux de populations

Pour appliquer une méthode de mise en réseau selon des niveaux de villes, il est nécessaire de réaliser des classes de populations.

Bien qu'il soit difficile d'établir ces classes de population en rapport avec les fonctions de toutes les villes, en particulier celles du bas de la hiérarchie (Sanders L., Mathian H., 1998), une discrétisation doit être menée. En tenant compte, dans la mesure du possible, des analyses de rapport entre hiérarchie des villes et leur niveau de fonctions à partir desquelles des classifications ont déjà réalisées (Brunet R., 1989 ; Cattan N., 1992 ; Cattan N. et *al.*, 1994 ; Cicille P., Rozenblat C., 2003), une hiérarchie de niveaux de villes européennes est proposée en 6 classes de populations.

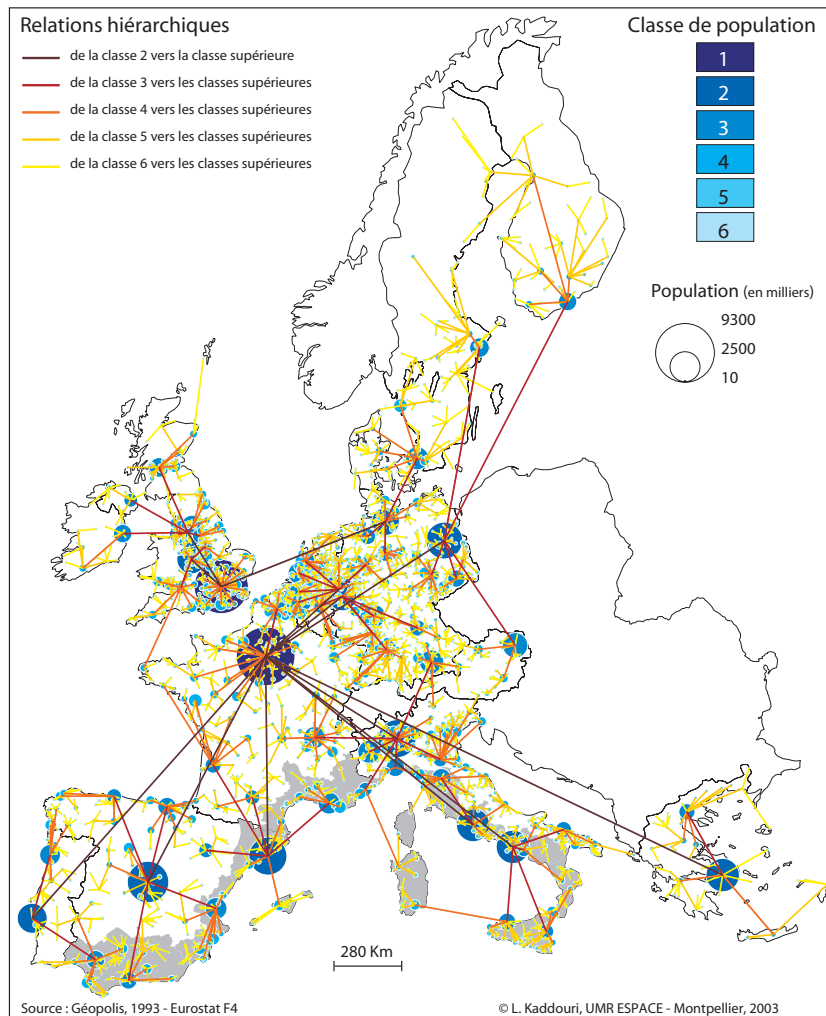
- **Niveau 1 – Classe 1** : population supérieure à 5.000.000 d'habitants
- **Niveau 2 – Classe 2** : entre 2 000 000 et 5 000 000 habitants
- **Niveau 3 – Classe 3** : entre 500 000 et 2 000 000
- **Niveau 4 – Classe 4** : entre 100 000 et 500 000
- **Niveau 5 – Classe 5** : entre 30 000 et 100 000
- **Niveau 6 – Classe 6** : entre 10 000 et 30 000

Nous parlerons alors de classe ou niveau supérieur relativement à cet ordre démographique. Le niveau 1 est supérieur au niveau 2 qui est lui-même supérieur au niveau 3, et ainsi de suite jusqu'au niveau 6.

Pour cette deuxième méthode, créant des réseaux de villes selon l'hypothèse d'emboîtements de la hiérarchie de type administratif, des relations privilégiées sont supposées entre chaque ville et sa plus proche voisine sous contrainte de supériorité démographique par les niveaux, quel que soit le niveau de supériorité. C'est appliquer la recherche du *plus proche voisin de niveau supérieur* pour chaque ville qui détermine, par niveaux de tailles, les **réseaux de proximités hiérarchisés**.

De la même manière que la méthode précédente, elle ne permet, pour chaque ville, qu'une seule relation vers une autre ville, mais son degré de polarisation est sensiblement plus élevé puisqu'un nombre plus réduit de villes se partagent la supériorité sur une ville (sont exclues toutes les villes supérieures mais du même niveau).

Enfin, précisons un choix sémiographique (ou sémiologique) non négligeable sur les représentations cartographiques : celui des cercles proportionnels à la population à l'intérieur desquels une couleur représente la classe de population. Nous avons fait ce choix pour conserver la même visibilité par rapport aux précédentes cartes, indispensable à une meilleure comparaison, étant conscient de représenter sensiblement la même information.



Carte 23 : la mise en réseaux des villes européennes selon la méthode du plus proche voisin de niveau supérieur

B.2. La régionalisation des territoires pour définir un arc méditerranéen

L'objectif étant de proposer des *Réseaux de villes* au niveau européen en général et le long du littoral méditerranéen en particulier, seuls conviennent les réseaux de proximités hiérarchisés, de type administratifs.

Les résultats des deux méthodes précédentes sont des arbres (cf. p.125) dont les hiérarchies s'établissent par la taille et le niveau de villes et les espacements entre les villes. Ces arbres offrent l'avantage de pouvoir visualiser et analyser les descendance de tous les sommets de la hiérarchie, donc de déterminer quel que soit le niveau de la ville, le réseau de villes qu'elle « domine ».

Le processus de régionalisation consiste ici à regrouper uniquement les villes et à délaissier la délimitation du fait d'une prise en compte non exhaustive de l'ensemble des villes.

Des méthodes de regroupements de villes à partir d'un graphe de relation (cf. p.162), nous avons retenu celle qui consiste à créer des sous-graphes en déterminant les descendance de sommets fixés *a priori*. Ce qui signifie que toutes les relations de ces sommets vers des sommets supérieurs sont supprimées. Ces sommets constitueront alors les racines des arbres créés.

Appliqué à la thématique, cela consiste à fixer une taille de villes à partir de laquelle sont définies les métropoles régionales de dimension européenne autour desquelles sont déterminés les sous-systèmes régionaux de villes européennes.

Pour obtenir des réseaux de villes méditerranéens, autour de métropoles de dimensions européennes, nous avons fixé leur population à plus de 500 000 habitants. Par conséquent, leur niveau est supérieur à 3 et, elles constitueront sur l'ensemble de l'Europe les métropoles régionales. Une grande partie des métropoles des Régions administratives méditerranéennes se retrouvent comme « tête de ces réseaux ».

À partir des graphes de relations, il suffit, en pratique, de supprimer, **à partir** des métropoles de niveau supérieur ou égal à 3, issues des Nuts de l'arc méditerranéen et de toutes les métropoles européennes en général, toutes les relations **vers** des villes de classes 3 ou supérieures. Ce sont alors ces métropoles de niveau 2 ou 3 appartenant à l'arc méditerranéen administratif que nous appelons les métropoles méditerranéennes et autour desquelles sont créés 13 réseaux de villes.

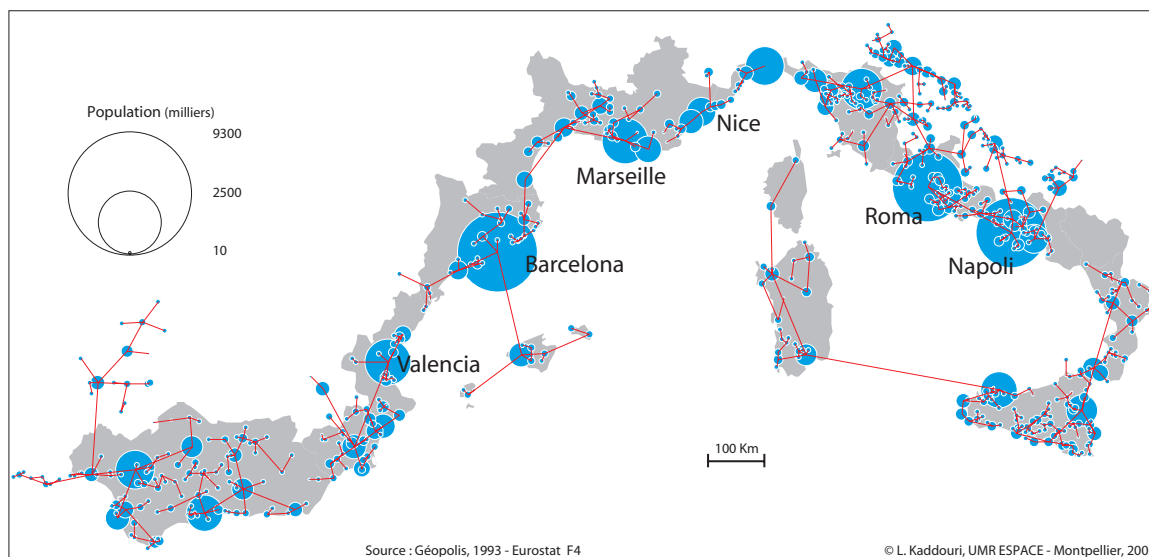
Metropole	Population de la métropole	Niveau de la métropole	Nombre de villes par la taille supérieure	Nombre de villes par le niveau supérieur
Marseille	1231	3	53	36
Barcelona	3922	2	35	53
Malaga	819	3	52	58
Valencia	1288	3	59	66
Palermo	800	3	51	52
Nice	517	3	14	21
Genova	905	3	7	17
Firenze	958	2	150	99
Napoli	3026	3	46	30
Roma	2986	3	30	74
Catania	642	2	105	77
Salerno	508	3	22	50
Sevilla	952	3	72	75
		Total	696	708

Tableau 10: les compositions urbaines des sous-systèmes théoriques de villes méditerranéennes

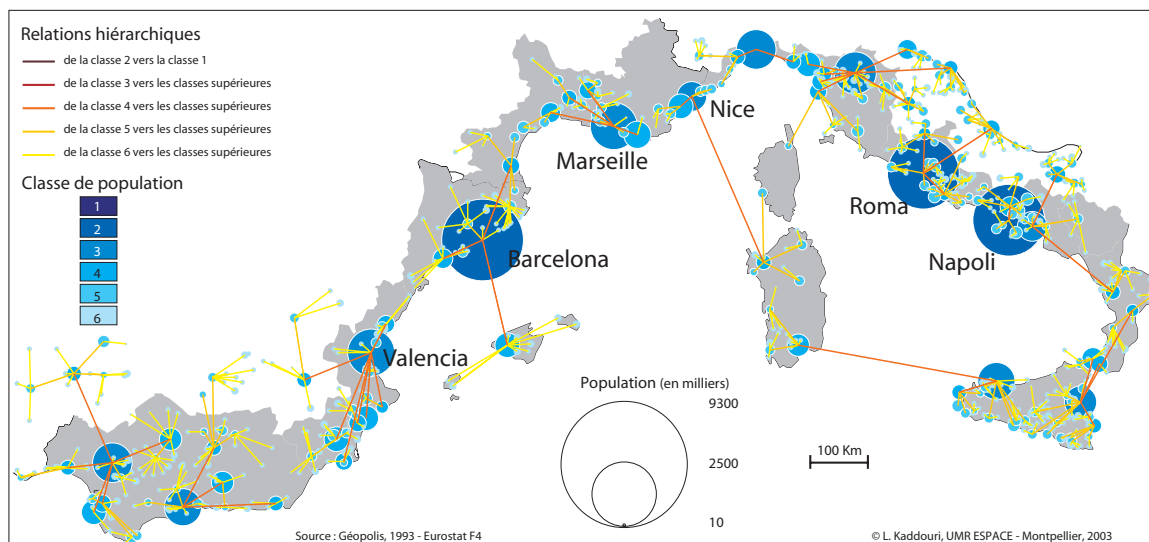
Nous recensons alors 64 réseaux de villes européens organisés autour de 64 métropoles européennes de niveau 3 ou supérieur. Des 13 réseaux de villes autour de métropoles méditerranéennes, quatre possèdent en haut de leur hiérarchie urbaine, une ville qui n'est pas une capitale de Région administrative (Carte 24, p.247 ; Carte 25, p.247). Elles sont issues de Régions administratives méditerranéennes possédant au moins deux métropoles régionales, au moins de niveau 3, pour lesquelles nous avons constaté pour trois d'entre elles, PACA, Sicile, et Andalousie, des Régions administratives « bicéphales ». Le cas de Salerno est un cas particulier en Campanie.

Cet ensemble méditerranéen, dont le nombre de villes s'élève à 574 pour les Régions administratives, est composé de 696 villes selon les réseaux de proximités hiérarchisés par la population et de 708 villes selon les réseaux de proximités hiérarchisés par les niveaux de villes (Tableau 10, p.246). Le nombre de villes dans cet ensemble méditerranéen est sensiblement identique entre les deux méthodes de mises en réseaux. Toutefois une majorité des réseaux de villes gagnent en nombre de villes. (Dorénavant, la première méthode est le *plus proche voisin supérieur* la seconde le *plus proche voisin de niveau supérieur*. Lorsqu'un réseau « gagne », « augmente » cela signifie que le réseau résultant de la seconde méthode « gagne » ou « augmente »). Cela s'explique par des augmentations de nombre de villes dans les réseaux qui gagnent des villes relativement plus faibles que les diminutions constatées dans les réseaux qui en perdent. Ces phénomènes sont la traduction du passage de la taille aux niveaux de tailles. En effet, ne plus considérer l'habitant comme gage de supériorité augmente le degré de polarisation pour chaque ville, en particulier pour les métropoles régionales qui récupèrent des relations qui, de proche en proche supérieur, pouvaient s'orienter soit vers l'extérieur de

l'arc (autour de Séville ou de Valence), soit vers une autre métropole régionale méditerranéenne (c'est le cas pour Barcelone). Mais ces effets s'appliquent également en sens contraire sur les réseaux méditerranéens. Les 3 réseaux de villes qui perdent des villes le doivent aux deux raisons invoquées.



Carte 24 : les réseaux de proximités hiérarchisés méditerranéens (selon le plus proche voisin supérieur)



Carte 25 : les réseaux de proximités hiérarchisés méditerranéens (selon le plus proche voisin de niveau supérieur)

Nous observons à l'intérieur des réseaux créés, comme nous pouvions nous y attendre, des villes qui ne font pas partie des Régions administratives méditerranéennes. Certaines métropoles ont donc une « influence » qui dépasse leurs frontières régionales. Les distances qui la séparent des autres villes, sont plus grandes celles qui sont observées à l'intérieur des mailles administratives. C'est nettement le cas du réseau de villes autour de Séville, avec des relations en dehors du cadre administratif de l'Andalousie vers des villes de la région administrative du Faro au Portugal et de la région administrative espagnole de l'Extremadura. C'est également assez frappant en Italie dans le réseau de villes autour de Firenze, vers les Régions administratives italiennes d'Émilie-Romagne, de l'Ombrie et de Marches. Curieusement, nous retrouvons là un ensemble de villes qui forment la grande région administrative italienne dénommée « Centre ».

D'autres villes, au contraire, ne font plus partie de l'arc méditerranéen. C'est le cas des villes de Gap, Briançon dans le Nord de la région administrative française P.A.C.A.

Nous remarquons également que certaines villes de Régions administratives méditerranéennes s'orientent vers des systèmes régionaux dont la métropole est située dans une autre région administrative méditerranéenne du même pays, comme Montpellier vers le sous-système marseillais (Carte 24, p.247), ou d'un autre pays, comme Perpignan vers le sous-système espagnol de Barcelone (Carte 25, p.247). Ces remarques restituent le fait que les relations de proximités à l'intérieur de l'Union européenne tiennent très peu (ou pas) compte des limites régionales et frontières nationales.

En se dégageant de toutes contraintes ou effets de mailles nous avons mis en évidence des réseaux de villes à l'échelle européenne. Les seules contraintes de proximité et de hiérarchie urbaine imposées lors des mises en réseaux ont permis de construire des réseaux de proximités hiérarchisés selon une hypothèse d'emboîtement hiérarchique des niveaux de villes de type administratif. Selon deux méthodes différentes, aux degrés de polarisations différents, apparaissent alors pour chacune 64 réseaux de proximités hiérarchisés à partir desquels nous extrayons 13 réseaux de villes méditerranéens qui forment « l'arc méditerranéen latin ». Dans le chapitre suivant, ces réseaux sont analysés pour relever leurs principales structures spatiales.

C. Vers des réseaux de villes hiérarchisés

La construction des réseaux de villes à l'échelle continentale a permis d'extraire des réseaux de villes le long du littoral méditerranéen pour définir un arc méditerranéen. Ces réseaux, construits selon le principe des hiérarchies emboîtées de réseaux de villes de type administratif, possèdent des structures spatiales qui sont révélées par les analyses effectuées dans cette dernière partie selon 3 approches.

Par la première approche, il s'agit de mesurer et de comparer les **espacements** à l'intérieur des réseaux de villes pour tenter de caractériser les répartitions spatiales des villes dans les réseaux méditerranéens par l'analyse des proximités et des voisinages (cf. p.93).

Par la deuxième approche, seules les **hiérarchies urbaines** dans les réseaux de villes sont étudiées. Elles permettront de dégager et de voir dans quelle mesure l'une conduit plus que l'autre vers des réseaux hiérarchisés (cf. p.100). Nous montrons que les paramètres des distributions rang-taille et l'indice de Gini des organisations hiérarchiques des réseaux créés sont plus proches de ceux du modèle de référence par la méthode du *plus proche voisin de niveau supérieur* que par la méthode du *plus proche voisin supérieur*. De cette analyse nous serons en mesure d'affirmer que les réseaux de villes que nous proposons sont les réseaux les plus « homogènes » ou « égalitaires » qui soient tout en tenant compte des distributions spatiales des villes sur l'ensemble de l'Europe (et des hiérarchies existantes qui ne peuvent être supprimée même en travaillant sans maillage).

Par une dernière approche, l'analyse conjointe des espacements et des hiérarchies urbaines à l'intérieur des réseaux méditerranéens s'effectue par celle des distributions spatiales des villes dans les réseaux. Cette analyse est réalisée avec l'aide des mesures de proximités et de voisinages hiérarchisés, des rapports de tailles spatialisés et l'analyse des tracés spatiaux et hiérarchiques des graphes de relations. Nous montrons également comment le modèle théorique des lieux centraux est très éloigné des distributions spatiales observées en procédant à l'analyse comparative des distributions spatiales des 26 réseaux de villes méditerranéens (13 pour chaque méthode) à 26 grilles théoriques calées sur chacun de ces réseaux. Enfin, pour conclure ce travail, à la manière de ce qu'a réalisé A. Pred par un tracé hiérarchique (cf. Figure 28, p.148), nous mettons en réseaux les lieux centraux du modèle de Christaller. Ces figures ont pour but de montrer que les formes régulières et complexes obtenues sur les lieux centraux ne sont jamais retrouvées dans celles des réseaux de villes européennes.

C.1. L'analyse des répartitions spatiales des réseaux de villes

Ces premières analyses ont pour but de caractériser les répartitions spatiales des réseaux méditerranéens selon les deux méthodes de mises en réseaux et la méthode de regroupement appliquée. Les réseaux de villes créés n'étant pas contenus à l'intérieur d'une maille nous avons opté pour les mesures de proximités et de voisinages et leurs représentations graphiques pour caractériser les espacements des 26 réseaux méditerranéens. Le grand nombre de mesures et de représentations graphiques réalisées pour les 26 réseaux méditerranéens nous a conduit à ne conserver que 3 d'entre eux pour montrer le cheminement des analyses effectuées.

L'analyse de la distance observée au plus proche voisin

Les distances moyennes séparant deux villes à l'intérieur des sous-systèmes méditerranéens varient d'une méthode à l'autre et diffèrent de celles qui sont observées dans les Régions administratives. En règle générale, les moyennes des distances observées (*Do*) par les méthodes du plus proche voisin de niveau supérieur sont plus élevées que celles obtenues par la méthode du plus proche voisin supérieur. Au nombre de villes qui augmente, cela signifie une baisse de densité de villes des semis régionaux.

Metropole	Do (par la taille)	Do (par le niveau)
Marseille	15	17
Barcelona	19	19
Malaga	15	17
Valencia	13	15
Palermo	19	12
Nice	15	24
Genova	15	15
Firenze	12	12
Napoli	13	12
Roma	9	12
Catania	12	12
Salerno	11	14
Sevilla	18	17

Tableau 11 : les distances observées dans les réseaux méditerranéens

Ces deux observations des nombres de villes qui diminuent et des distances qui augmentent pour les réseaux de proximité, par les tailles par rapport aux niveaux, indiquent que l'aire d'influence des métropoles régionales augmente par proximité et par niveau. Des villes de tous les niveaux entrent dans les réseaux méditerranéens ou

changent de réseaux. Ce sont en particulier des petites villes, plus éloignées qui entrent dans le réseau de Valencia, et des plus grandes, entraînant avec elles leur sous-réseaux comme pour la ville de Perpignan vers le réseau de Barcelone.

L'analyse des proximités et des voisinages

Nous n'avons repris ici qu'une partie des analyses qui ont été réalisées.

L'utilisation des analyses de voisinage et de proximité, et des représentations graphiques développées dans le chapitre 2 (cf. p.93), appliquées aux réseaux méditerranéens selon les deux méthodes conduit aux nombres de 52 analyses. On a décidé dans le cadre de cette section, de présenter les grands traits de ces analyses à partir de trois exemples-types de résultats sur 3 réseaux méditerranéens aisément identifiables. Ces développements peuvent par ailleurs être utilisés dans l'analyse de tous les réseaux européens extraits selon les deux méthodes (128 réseaux de villes). Les cartes des mises en réseaux de proximités et de voisinages (cf. 237) permettent, même si elles ne le précisent pas, de donner un aperçu des mesures de proximités et des voisinages des réseaux qui ne sont pas traités.

Des 3 réseaux régionaux identifiables, les deux premiers le sont parce qu'ils font partie de ceux qui perdent quantitativement le plus de villes entre les deux méthodes de mises en réseaux : les réseaux autour de Marseille et de Firenze. Le troisième représente autour de Barcelona un réseau qui gagne quantitativement des villes. Alors que la distance moyenne augmente dans le réseau de Marseille, elle stagne pour les réseaux autour de Firenze et Barcelona. De plus, Barcelona, qui gagne des villes, récupère des villes qui s'orientaient de proche en proche supérieur vers Marseille.

Nous avons reporté, sur la Figure 43 (p.265), sous l'intitulé « Mesures de proximités par la taille » (colonne de gauche) les résultats des mesures de proximités des 3 réseaux construits par la méthode du *plus proche voisin supérieur* et sous l'intitulé « Mesures de proximités par le niveau » (colonne de droite) les résultats des mesures de proximités des 3 réseaux par la méthode du *plus proche voisin de niveau supérieur*.

Ce qui paraît le plus évident c'est que les courbes changent. Elles changent d'abord parce que les ordres de proximités changent. Sachant que cet ordre est égal au nombre de villes moins un, il diminue lorsque les réseaux perdent des villes (Marseille, Firenze), il augmente lorsque les réseaux gagnent des villes (Barcelona).

En perdant des villes, le réseau autour de Marseille perd de son influence spatiale puisque la distance maximale entre deux villes passe de 320 km à 170 km. Les influences de Firenze et de Barcelona, malgré leur changement de nombre de villes, varient peu. Elles se situent toujours de la valeur proche de 290 km pour la première et 340 km pour la seconde.

L'allure de la courbe des proximités de Marseille (par la taille) caractérise celle des répartitions spatiales par agrégat pas trop marquées. Lorsque la carte est observée, se distinguent assez aisément deux agrégats très éloignés l'un de l'autre (un autour de Marseille, l'autre sur le littoral espagnol), avec entre les deux, des villes le long du littoral languedocien. Ce sont ces villes ne faisant pas partie des agrégats qui empêchent une rupture franche dans la courbe. Les ruptures se distinguent autour de 70 km et de 200 km. En perdant surtout les villes les plus éloignées, la répartition des villes du réseau autour de Marseille passe, semble-t-il, d'une répartition spatiale par agrégats (par la taille) à une répartition qui se rapproche d'une répartition régulière (par le niveau).

Pour Firenze, l'allure générale de la première courbe, bien que l'échelle de représentation ne permette pas de distinguer des « marches » dans la régularité¹¹⁶, nous laisse penser qu'on a affaire au départ (par la taille) à une répartition entre aléatoire et quadrangulaire. Les pertes de villes subies n'ont pas une très grande influence sur la répartition spatiale du réseau.

Pour Barcelona, sans véritablement montrer des paliers très nets, on distingue des paquets auxquels correspondent des ruptures spatiales autour de 30, 60, 90, 180 et 220 km. C'est typique d'une répartition par agrégats. Dans ces cas où les ruptures ne sont pas très franches, soit les agrégats ne sont pas très éloignés les uns des autres, soit, quelques villes n'appartenant pas aux agrégats sont dispersées dans l'espace, favorisant la réduction des proximités. Pour la deuxième méthode, la répartition, avec un nombre de villes plus important, se dirige vers une répartition de type aléatoire : les ruptures dans les proximités disparaissent.

¹¹⁶ Les échelles sont différentes d'une courbe à l'autre pour les réseaux autour de la même métropole.

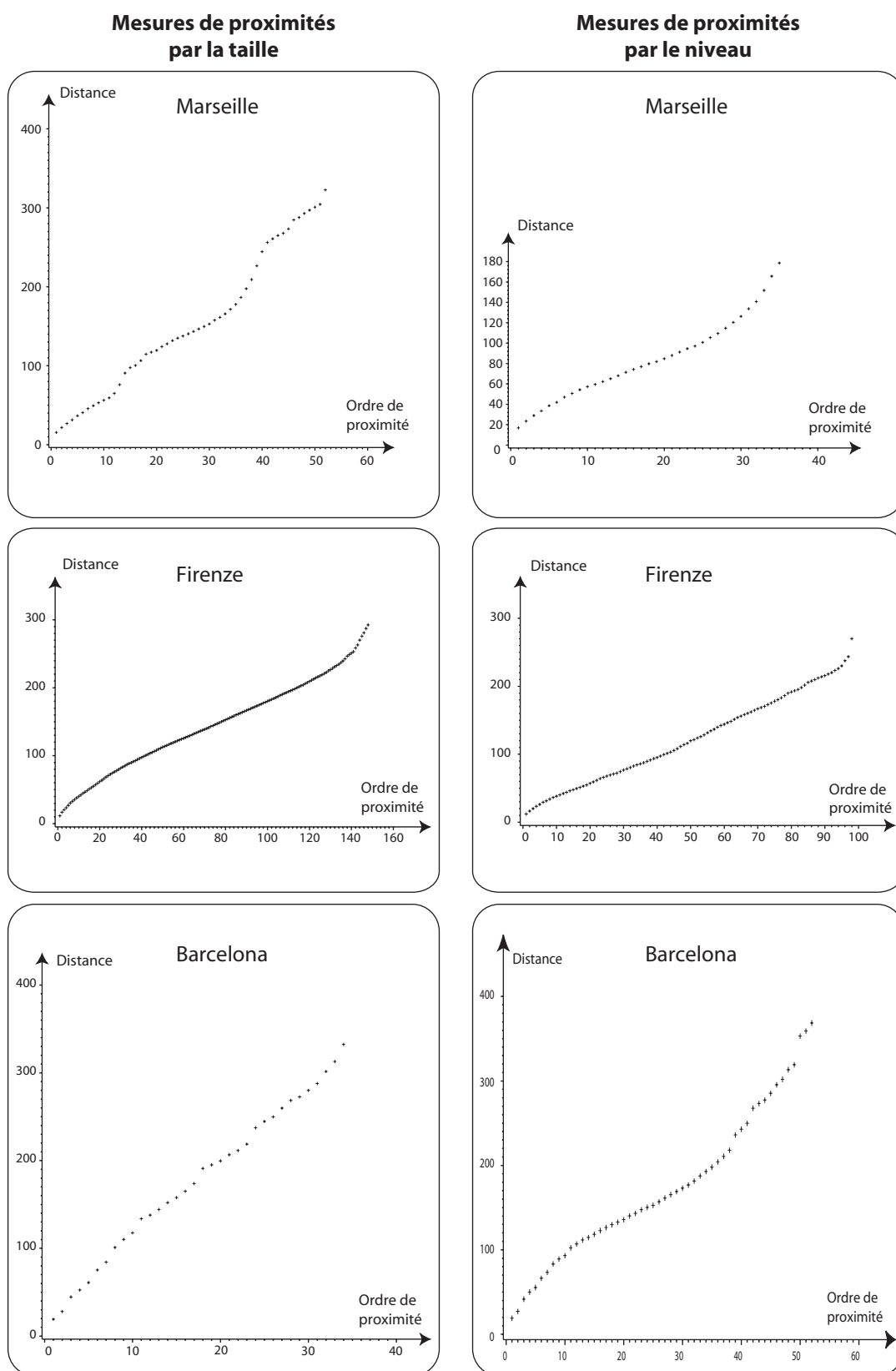


Figure 40 : les proximités dans les réseaux de Barcelona, Marseille et Firenze

Nous avons procédé, de la même manière, aux analyses des voisinages à l'intérieur de ces trois réseaux de villes, pour les 2 méthodes de mise en réseaux.

Les courbes de voisinages viennent confirmer les suppositions concernant les répartitions spatiales des trois réseaux de villes.

En effet, pour les réseaux de Marseille et de Barcelona (par la taille), les paquets de villes se distinguent assez nettement. Pour le réseau de Marseille on distingue trois paliers de voisinages autour de 20, 45 et 85 km. Il semble que trois agrégats (ou plus) forment le réseau de villes autour de Marseille. Pour le réseau de Barcelona, les ruptures sont encore plus franches. Elles se distinguent autour de 30, 50, 100, 120 et 200 km. Le réseau de villes autour de Barcelona distingue donc plus de paquets de villes.

Pour le réseau de Firenze, l'allure de la courbe des voisinages précise le type de répartition qui, sans palier et régulière, la rapproche d'une répartition aléatoire.

Les voisinages ne sont guère bouleversés pour le réseau autour de Florence.

Les changements de voisinages pour les réseaux de Marseille, là encore confirment les résultats des analyses de proximités, à savoir que le nombre moyen de villes dans un voisinage croît beaucoup plus régulièrement avec le rayon du voisinage que précédemment.

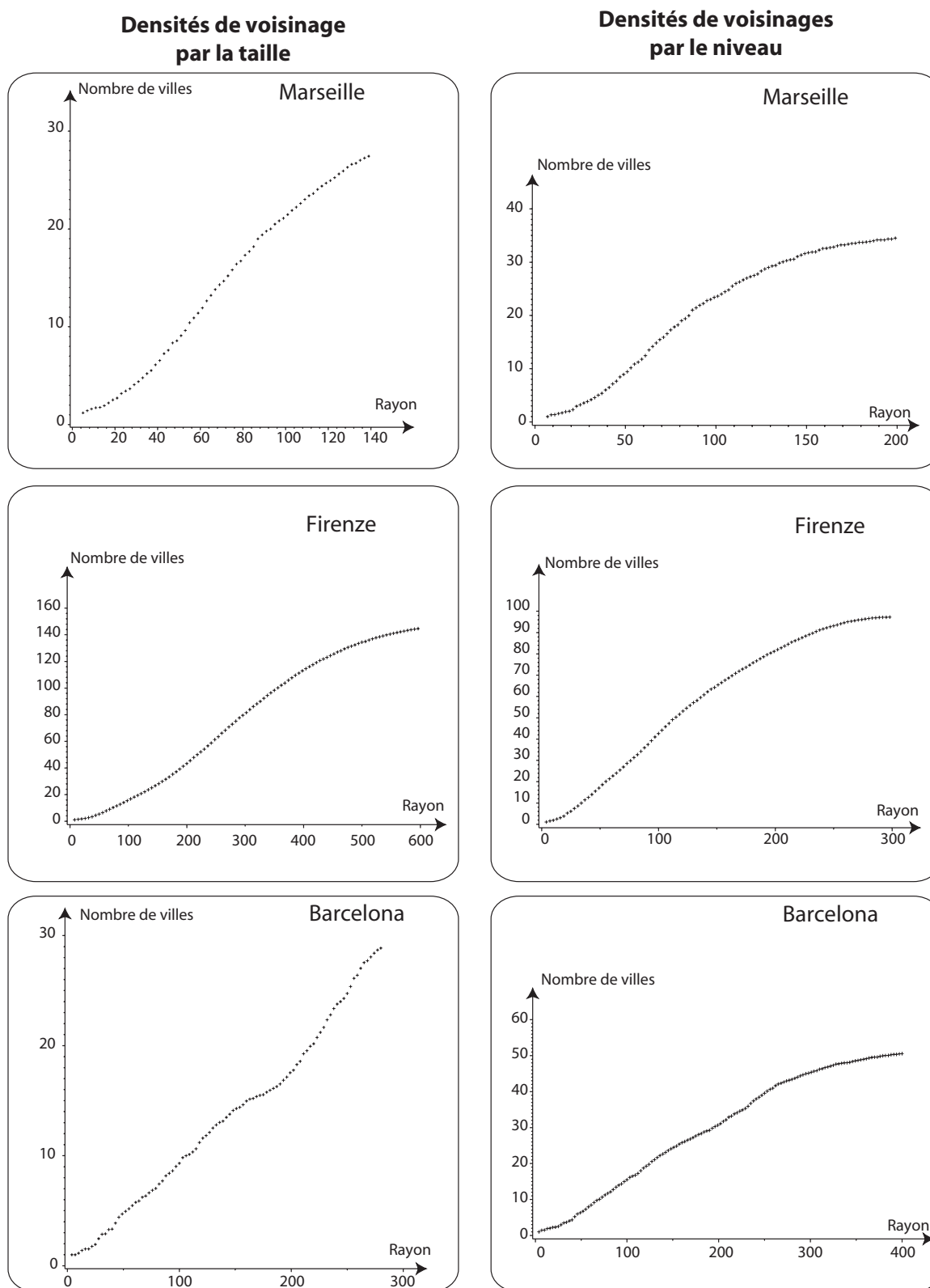


Figure 41 : les voisinages dans les réseaux de Barcelona, Marseille et Firenze

Par cet exercice, sans jamais utiliser les cartes pour confirmer ou infirmer nos observations (pour ne pas être influencé par l'analyse cartographique), nous avons voulu montrer la simplicité de l'application de ces mesures¹¹⁷. Ces analyses, qui demande cependant à être précisées, montrent tout de même l'intérêt de telles méthodes de mesures des répartitions spatiales, dont celui, essentiel, de pouvoir s'appliquer à une ensemble de villes, sans surface (maille).

L'analyse de l'ensemble des courbes de proximités et de voisinages, bien que montrant d'une manière générale les changements de compositions des réseaux de villes méditerranéens, ne permet pas de conclure sur une règle de transformations des répartitions spatiales. Un type déterminé de répartition spatiale ne conduit pas forcément vers un autre type déterminé de répartition de la méthode du *plus proche voisin supérieur* à la méthode du *plus proche voisin de niveau supérieur*.

C.2. L'analyse des organisations hiérarchiques des réseaux de villes

Les résultats des mesures pour caractériser les organisations hiérarchiques des réseaux de villes nous permettent de déterminer les structures spatiales des réseaux de villes méditerranéens et « d'évaluer les performances » des mises en réseaux.

Pour y parvenir, une première analyse est effectuée sur les compositions urbaines des réseaux de villes méditerranéens, les calculs des indices de primatie et de macrocéphalie. Une seconde analyse des distributions rang-taille et des indices de Gini des réseaux méditerranéens dégage leur principale structure. Cette analyse, généralisée aux réseaux de villes européens, permet de montrer une constance dans les résultats des organisations hiérarchiques. En effet, nous observons des organisations hiérarchiques de réseaux de villes européens qui possèdent des caractéristiques plus proches des réseaux de villes hiérarchisés (selon le modèle des villes hiérarchisés) pour les réseaux hiérarchisés sous contraintes de supériorité par le niveau que pour l'autre méthode.

¹¹⁷ Les cartes confirment en grande partie les résultats de nos observations.

C.2.1. Compositions et primaties des réseaux de villes

Le nombre de villes de chacun des réseaux varient d'un réseau à l'autre bien que dans l'ensemble le nombre total soit sensiblement identique. Toutefois, pour les réseaux qui perdent des villes la variation est bien plus élevée.

Cette première analyse se focalise sur le haut de la hiérarchie de chacun des réseaux de villes pour les deux méthodes.

À une échelle régionale et ayant choisi les villes de plus de 500 000 habitants comme tête de réseau, il n'est pas surprenant de retrouver dans ces réseaux des indices de macrocéphalie égaux aux indices de primatie.

Dans tous les réseaux, pour les deux méthodes, hormis celui autour de Nice, l'indice de primatie est identique à l'indice de macrocéphalie. Plus de la moitié de ces indices se situent entre 1,5 et 3,2 faisant des réseaux méditerranéens des réseaux « faiblement polarisés ». Cela s'explique par le procédé du regroupement qui consiste à ne conserver que les descendances des villes de niveau 3 dans des espaces relativement restreints (Carte 24, Carte 25, p.247), par la règle de Zipf et par les structures spatiales locales le long de cette façade méditerranéenne. Le réseau niçois, marqué par la présence de l'agglomération de Cannes (330 000 hab.) à quelques encablures de Nice, est un réseau bicéphale (indice de macrocéphalie de 4,8 entre la 2^e, Cannes, et la 3^e ville de la distribution). Alors que les réseaux autour de Genova, Roma, Napoli et Barcelona sont des réseaux fortement voire très fortement polarisés.

D'une méthode à l'autre, les primaties et les macrocéphalies varient peu. Les primaties, qui diminuent significativement, s'observent pour les réseaux de Roma et de Genova (de 29,3 à 15, pour la première, de 7,3 à 6,7, pour la seconde). Ces deux réseaux, en gagnant un nombre relativement important de villes (les réseaux doublent d'effectifs), récupèrent des villes qui atténuent les primaties régionales, en particulier avec l'arrivée dans les deux réseaux de deux villes de niveau 4 (comprise entre 100 000 et 500 000 hab.). Toutefois, ces deux réseaux conservent leur spécificité de réseaux fortement polarisés (l'indice de macrocéphalie égale l'indice de primatie dans les deux cas).

plus proche voisin de niveau supérieur									
Nombre de villes	Metropole	population métropole	niveau métropole	Nombre de villes de niveau			Rang macrocéphalie	indice macrocéphalie	indice primatie
				4	5	6			
36	Marseille	1231	3	4	10	21	1	2,8	2,8
53	Barcelona	3922	2	3	6	43	1	10,6	10,6
58	Malaga	819	3	3	9	45	1	2,6	2,6
66	Valencia	1288	3	7	11	47	1	3,9	3,9
52	Palermo	800	3	2	11	38	1	2,7	2,7
21	Nice	517	3	2	9	9	2	2,8	1,5
17	Genova	905	3	2	3	11	1	6,7	6,7
99	Firenze	958	3	7	17	74	1	2,9	2,9
30	Napoli	3026	2	1	10	18	1	11,5	11,5
74	Roma	2986	2	3	23	47	1	15,5	15,5
77	Catania	642	3	4	16	56	1	2,3	2,3
50	Salerno	508	3	2	11	36	1	3,2	3,2
75	Sevilla	952	3	5	10	59	1	2,6	2,6

plus proche voisin supérieur									
Nombre de villes	Metropole	population métropole	niveau métropole	Nombre de villes de niveau			Rang macrocéphalie	indice macrocéphalie	indice primatie
				4	5	6			
53	Marseille	1231	3	5	13	34	1	2,8	2,8
35	Barcelona	3922	2	2	2	30	1	10,6	10,6
52	Malaga	819	3	3	7	41	1	2,6	2,6
59	Valencia	1288	3	7	10	41	1	3,9	3,9
51	Palermo	800	3	3	13	34	1	2,7	2,7
14	Nice	517	3	1	7	5	2	4,5	1,5
7	Genova	905	3	1	1	4	1	7,3	7,3
30	Roma	2986	2	1	9	19	1	29,3	29,3
150	Firenze	958	3	11	29	108	1	2,9	2,9
22	Salerno	508	3	1	6	14	1	3,2	3,2
46	Napoli	3026	2	2	15	27	1	11,5	11,5
105	Catania	642	3	5	21	78	1	2,3	2,3
72	Sevilla	952	3	5	10	56	1	2,6	2,6

Tableau 12 : compositions et indices de primatie et de macrocéphalie des réseaux méditerranéens

Quelle que soit la méthode de mise en réseaux utilisée, la structure du haut de la hiérarchie des réseaux méditerranéens se trouve peu bouleversée. Les méthodes tendent, sur les réseaux aux fortes centralités, à les atténuer.

Les tracés hiérarchiques des arbres (Figure, p.259)

La représentation des interactions spatiales dans les réseaux de villes par le tracé hiérarchique des arbres permet-elle d'entrevoir des structures hiérarchiques particulières ? Pour tenter de répondre à cette question, nous avons repris seulement les représentations des arbres de Marseille, Barcelona et Firenze par la méthode du plus proche voisin de niveau supérieur.

Les compositions des trois arbres permettent de constater que les villes de 4^e niveau sont moins nombreuses pour le réseau de Barcelona. La visualisation des relations hiérarchiques autour de cette ville permet de vérifier la remarque faite à propos des conurbations qui se traduit sur cet arbre par un nombre réduit de relations directes du niveau le plus bas vers la métropole régionale.

Les formes des relations montrent des structures hiérarchiques différentes. Alors que les formes des réseaux qui se dessinent autour de Marseille et Firenze se rapprochent avec celle d'un arbre hiérarchisé, celui représentant les interactions spatiales dans le

réseau de Barcelona montre clairement une structure polarisée (nous reviendrons plus loin sur cette analyse des arbres, cf. p.267).

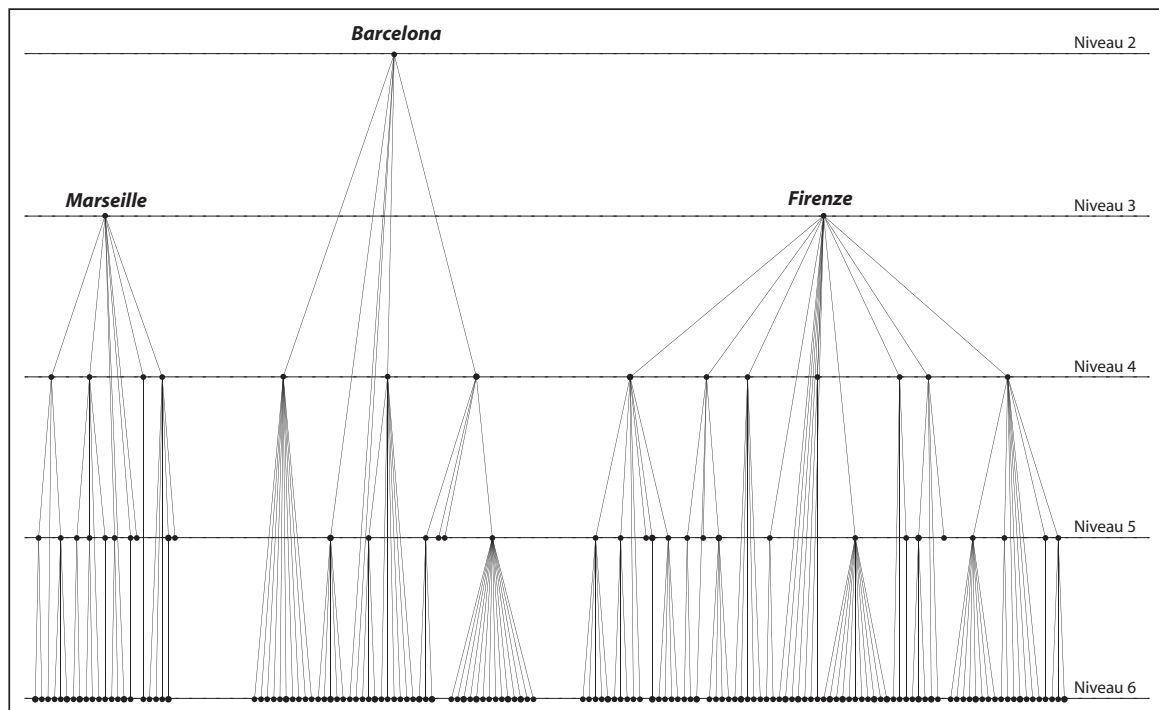


Figure : les arbres des relations autour de Marseille, Barcelona et Firenze (par les niveaux de villes)

Ces structures hiérarchiques des arbres correspondent-elles à celles des organisations hiérarchiques des réseaux de villes déterminées par l'analyse des distributions rang-taille et l'indice de Gini ?

C.2.2. Pour définir des réseaux de villes hiérarchisés

La construction des arbres sous contraintes de supériorité démographique conduit nécessairement vers une polarisation plus ou moins marquée. Cette variation de polarisation traduit l'organisation hiérarchique des réseaux. Nous analysons par le biais de l'analyse des distributions rang-taille et de l'indice de Gini les organisations des réseaux de villes méditerranéens et européens. La mesure de l'indice de Gini est indispensable pour corroborer les résultats obtenus lors de l'interprétation des distributions rang-taille (cf. p.100). Tout en donnant les caractéristiques des réseaux méditerranéens, les caractéristiques relevées sur l'ensemble des réseaux européens montrent une constance entre les deux méthodes. En effet, nous montrons que les réseaux issus de la méthode du *plus proche voisin de niveau supérieur* possèdent des

caractéristiques plus proches de celles du modèle de référence du système hiérarchisé, que les réseaux issus de la méthode du *plus proche voisin supérieur*.

Rappelons que la distribution de référence du modèle de système hiérarchisé possède les paramètres suivants :

- un ajustement linéaire de la distribution bi-logarithmique rang-taille de pente égale à -1 ;
- un coefficient de détermination égal à 1 ;
- un coefficient du second terme de l'ajustement polynomial de la distribution égal à 0 ;
- un indice de Gini égal à 0,625.

Pour les deux méthodes les paramètres des distributions rang-taille des réseaux régionaux méditerranéens ont été calculés, en reprenant même lorsque cela est possible, les résultats obtenus pour la Région administrative correspondante. Pour illustrer chacune des mesures effectuées sur l'ensemble des réseaux régionaux, le cas de la métropole de Barcelona a été choisi. La Figure 42 (p.261) présente la distribution rang-taille de la Région administrative de la Catalunya, dont Barcelona est métropole régionale, et celles des deux réseaux de villes mis en évidence autour de cette métropole régionale.

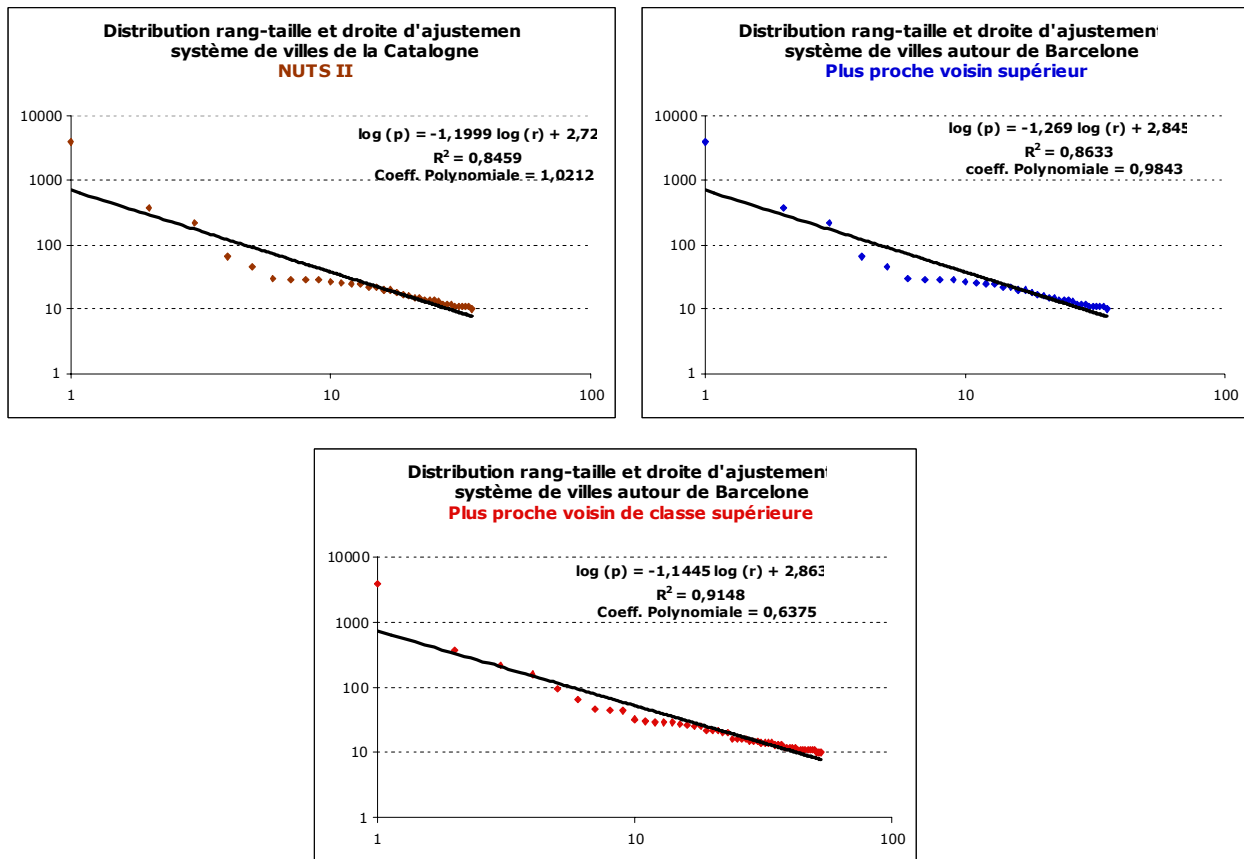


Figure 42: les distributions rang-taille pour les réseaux de villes autour de Barcelone

Les variations dans les distributions rang-taille des villes des réseaux méditerranéens permettent une première constatation. Les paramètres de la distribution rang-taille des villes selon la méthode du plus proche voisin de niveau supérieur dans le cas de Barcelone sont plus proches de ceux du modèle de Zipf que ceux mesurés pour la méthode du plus proche voisin supérieur, et encore plus proches que les paramètres relevés dans les ajustements de la distribution rang-taille des villes pour la Catalogne (Nuts 2).

Le coefficient de détermination, et le coefficient du second degré de l'ajustement polynomial passent ainsi respectivement des valeurs 0,8459 et 1,0212 (Nuts 2) puis 0,8633 et 0,9843 (plus proche voisin supérieur) aux valeurs 0,9148 et 0,6375 (plus proche voisin de classe supérieure). La pente, plus importante par la méthode du plus proche voisin supérieur (-1,26) que celle relevée dans l'ajustement réalisé dans le Nuts 2 (-1,20) (Tableau 13, p.262), est nettement plus proche de -1 pour la méthode du plus proche voisin de classe supérieure (-1,14).

L'indice de Gini diminue pour passer de la valeur 0,860 à 0,835 et se rapprocher sensiblement de la valeur 0,625 mesurée pour la distribution hiérarchique du modèle de Zipf.

En est-il de même sur l'ensemble des réseaux de villes méditerranéens issus des deux méthodes ? Nous avons réalisé les mêmes mesures sur ces réseaux de villes bien que, pour certains d'entre eux, les conditions de l'élaboration des distributions rang-taille et des ajustements associés ne soient pas tout à fait respectées.

Plus proche voisin supérieur					
Métropole	équation droite d'ajustement	R²	Coefficient polynomiale	Nombre de villes	Indice de Gini
Marseille	$\log(p) = -1,20 \log(r) + 3,0$	0,99	0,06	53	0,697
Barcelona	$\log(p) = -1,27 \log(r) + 2,9$	0,86	0,98	35	0,860
Malaga	$\log(p) = -0,89 \log(r) + 3,2$	0,99	0,37	52	0,647
Valencia	$\log(p) = -1,15 \log(r) + 3,0$	0,99	0,01	59	0,676
Palermo	$\log(p) = -0,99 \log(r) + 2,7$	0,98	0,18	51	0,624
Nice	$\log(p) = -1,56 \log(r) + 2,8$	0,91	-0,57	14	0,628
Genova	$\log(p) = -2,24 \log(r) + 2,8$	0,95	1,81	7	0,739
Roma	$\log(p) = -1,18 \log(r) + 2,7$	0,86	0,63	30	0,821
Firenze	$\log(p) = -0,89 \log(r) + 3,2$	0,99	-0,06	150	0,564
Salerno	$\log(p) = -1,11 \log(r) + 2,5$	0,97	0,39	22	0,605
Napoli	$\log(p) = -0,88 \log(r) + 2,9$	0,97	0,18	46	0,789
Catania	$\log(p) = -0,83 \log(r) + 2,7$	1,00	0,06	105	0,534
Sevilla	$\log(p) = -1,00 \log(r) + 2,8$	0,98	0,24	72	0,650

Plus proche voisin de niveau supérieur					
Métropole	équation droite d'ajustement	R²	Coefficient polynomiale	Nbr villes	Indice de Gini
Marseille	$\log(p) = -1,35 \log(r) + 3,1$	0,99	0,00	36	0,717
Barcelona	$\log(p) = -1,14 \log(r) + 2,9$	0,91	0,64	53	0,835
Malaga	$\log(p) = -0,94 \log(r) + 2,6$	0,97	0,29	58	0,625
Valencia	$\log(p) = -1,09 \log(r) + 2,9$	0,99	0,05	66	0,665
Palermo	$\log(p) = -0,95 \log(r) + 2,6$	0,96	0,32	52	0,633
Nice	$\log(p) = -1,35 \log(r) + 2,8$	0,95	-0,33	21	0,623
Genova	$\log(p) = -1,51 \log(r) + 2,8$	0,97	0,52	17	0,728
Roma	$\log(p) = -0,92 \log(r) + 2,7$	0,91	0,16	74	0,727
Firenze	$\log(p) = -0,93 \log(r) + 2,8$	0,99	0,08	99	0,602
Salerno	$\log(p) = -0,90 \log(r) + 2,5$	0,98	0,16	50	0,550
Napoli	$\log(p) = -1,30 \log(r) + 2,9$	0,90	0,55	30	0,822
Catania	$\log(p) = -0,88 \log(r) + 2,7$	0,99	0,08	77	0,557
Sevilla	$\log(p) = -0,99 \log(r) + 2,8$	0,98	0,23	75	0,646

Tableau 13: équations et indices des droites d'ajustement des distributions rang-taille des sous-systèmes théoriques de villes méditerranéennes

Dans la majorité des cas, les résultats sur l'ensemble des réseaux méditerranéens suivent ceux énoncés pour les réseaux barcelonais.

Mais notre échantillon de 13 réseaux de villes pourrait paraître trop faible pour pouvoir être généralisé. Aussi, nous avons appliqué ces méthodes à l'ensemble des réseaux européens. Pour les 64 réseaux de villes européens autour des métropoles de niveau 3, le résultat se confirme pour près des 2/3 des réseaux. Le coefficient de la polynomiale se rapproche de 0, et le coefficient de détermination de 1, plus vite par la méthode du plus proche voisin de niveau supérieur que pour celle du plus proche de taille supérieure. La pente de l'ajustement linéaire pour la méthode du plus proche

voisin de niveau supérieur se rapproche de -1 . L'indice de Gini se rapproche quant à lui de la valeur 0,625. Ce qui signifie que la méthode du plus proche voisin de niveau supérieur, appliquée à l'ensemble des villes européennes et sans maillage administratif, permet, avec une plus grande précision, de s'orienter vers des réseaux de villes hiérarchisés ou homogènes (cf. p.106). Cette méthode est peut-être mieux adaptée aux structures spatiales régionales sous-jacentes pour constituer des Réseaux de villes au niveau européen.

En retenant les réseaux de villes créés par la méthode du *plus proche voisin de niveau supérieur* nous faisons apparaître au sein du système de villes européennes des réseaux autour de métropoles de plus de 500 000 habitants aux organisations hiérarchiques qui se rapprochent du modèle système hiérarchisé par rapport à la méthode du *plus proche voisin supérieur*. Ce sont ces 13 réseaux de villes méditerranéens qui peuvent alors être proposés pour définir un arc méditerranéen.

C.3. L'analyse des organisations spatiales des réseaux de villes

Après les répartitions spatiales et les distributions des tailles de villes, nous atteignons la dernière dimension dans laquelle les deux critères d'espacement et de hiérarchie sont conjointement analysés. Les distributions spatiales des tailles de villes sont analysées par les proximités hiérarchisées, leurs hiérarchies spatialisées (rapports de tailles spatialisés) et les représentations spatiales et hiérarchiques des arbres de relations. Elles vont nous permettre d'apporter un complément à l'analyse des performances des méthodes de mise en réseaux de villes.

Analyser ces distributions spatiales dans les réseaux méditerranéens et les comparer au modèle de l'homogénéité dans un espace euclidien, celle des lieux centraux, est peine perdue. C'est ce que nous montrons le plus simplement possible avec la comparaison des distributions spatiales observées avec des distributions théoriques calées sur chacun de ces réseaux.

Enfin pour conclure, nous avons voulu appliquer 4 méthodes de mises en réseau au modèle des lieux centraux à 4 niveaux ($k=3$) pour montrer les formes spatiales très régulières de relations obtenues que l'on ne retrouvera jamais dans les mises en réseau des villes européennes.

C.3.1. L'analyse des espacements hiérarchisés et des hiérarchies spatialisées

Dans les analyses qui suivent, les critères d'espacement et de hiérarchie sont croisés. Nous proposons d'analyser les distributions spatiales des réseaux de villes méditerranéens d'abord par les mesures de proximités hiérarchisées et leurs représentations graphiques. Puis nous analysons les rapports de tailles spatialisées pour terminer sur un essai d'interprétation des organisations spatiales à travers les tracés spatiaux et hiérarchiques des arbres des interactions spatiales.

L'analyse des proximités hiérarchisées

Cette analyse revient à mesurer les moyennes des distances au plus proche voisin supérieur, pour tous les ordres de proximité « supérieure ».

Nous avons repris les cas des trois réseaux analysés précédemment pour illustrer les analyses qui ont été réalisées sur l'ensemble des réseaux de villes méditerranéens.

Les courbes de proximités hiérarchisées dans les réseaux de Firenze montre clairement une régularité dans les premières proximités. Cette régularité est donc signe de régularité dans les distributions spatiales. Les « paliers » (de distances moyennes) sont quasi identiques pour les cinq premiers ordres de proximités. Il semble que le réseau de Firenze s'apparente à une distribution des villes selon le modèle des lieux centraux, autour de plusieurs pôles¹¹⁸. On remarquera que Firenze perd un certain nombre de petites villes avec pour conséquence une réduction considérable des moyennes des distances des petites villes restant dans le réseau à la métropole.

Nous avons remarqué que la répartition spatiale du réseau autour de Barcelona correspondait à une répartition par agrégats. Les courbes hiérarchisées de Barcelona montrent en plus que les distributions à l'intérieur des agrégats ne sont pas du tout régulières. On remarquera sur les graphiques que Barcelona gagne des petites villes dans un voisinage réduit (moins de 90 km).

Enfin, pour le cas des réseaux autour de Marseille, et en reprenant les analyses des répartitions spatiales, on s'aperçoit qu'il existe de la régularité dans les distributions spatiales des agrégats constatés. En perdant des petites villes éloignées de la métropole, la distance moyenne des petites villes à leur métropole se réduit considérablement.

Pour affiner ces analyses de distributions spatiales nous avons entrepris celle des rapports de tailles spatialisés.

¹¹⁸ La courbe des proximités hiérarchisées du modèle montre une régularité jusqu'au dernier ordre de proximité.

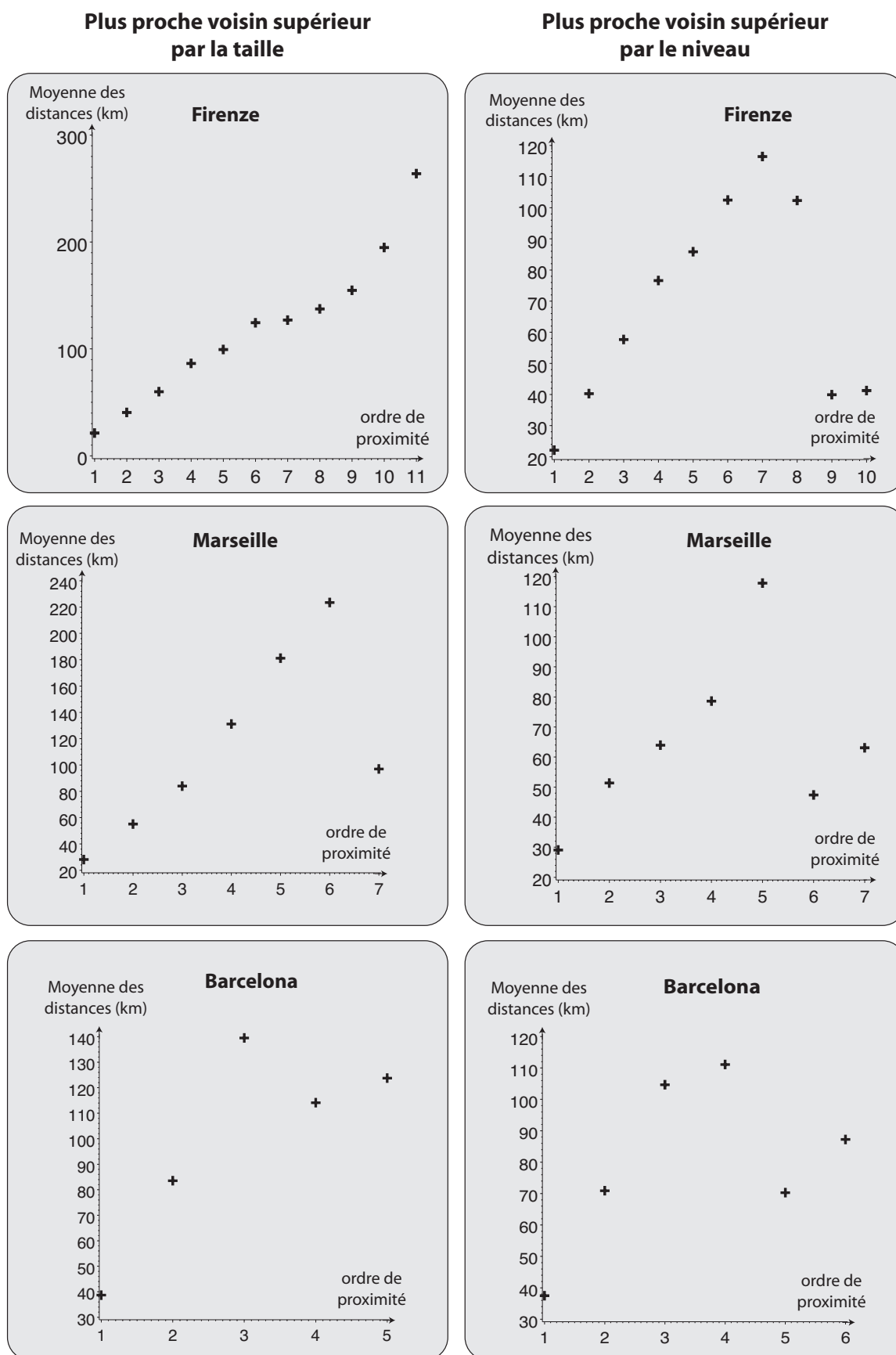


Figure 43 : les proximités hiérarchisées dans les réseaux de Firenze, Barcelona et Marseille

Les rapports de taille spatialisés

Nous avons entrepris les calculs des rapports de tailles spatialisés pour les 13 réseaux de villes selon les deux méthodes (la plus grande taille est toujours au numérateur).

T_o est le rapport moyen de tailles entre deux plus proches voisins

T_{sup} est le rapport moyen de tailles entre une ville et sa plus proche voisine supérieure.

T_{clsup} est le rapport moyen de tailles entre une ville et sa plus proche voisine de niveau supérieur.

Métropole	Plus proche voisin supérieur			Plus proche voisin de niveau supérieur		
	T_o	T_{sup}	T_{clsup}	T_o	T_{sup}	T_{clsup}
Marseille	6,06	3,99	6,50	7,81	4,81	7,00
Barcelona	24,12	16,71	24,03	16,82	12,25	25,28
Malaga	4,96	5,57	12,28	4,63	5,14	11,31
Valencia	6,40	6,44	10,71	5,87	6,10	10,18
Palermo	4,40	5,13	11,87	4,15	5,11	10,95
Nice	3,70	3,38	6,70	3,80	3,45	4,94
Genova	4,75	4,26	4,43	4,51	3,87	5,05
Firenze	3,31	3,33	7,61	3,78	3,85	9,24
Napoli	5,20	5,38	11,14	5,68	6,66	14,07
Roma	10,95	4,57	11,80	6,32	3,91	8,53
Catania	3,03	2,92	5,26	3,21	3,07	5,12
Salerno	4,83	4,38	5,37	3,66	3,58	5,18
Sevilla	4,53	5,03	11,07	4,51	4,90	10,89

Tableau 14 : les rapports moyens de tailles spatialisés dans les réseaux de villes méditerranéens

Les rapports de tailles spatialisés viennent confirmer les résultats obtenus précédemment sur les structures hiérarchiques, en y ajoutant la dimension spatiale. En effet, les calculs montrent que, pour près des 2/3 des réseaux méditerranéens, la méthode du *plus proche voisin de niveau supérieur* réduit les rapports de tailles entre une ville et sa plus proche voisine qu'elle soit inférieure, supérieure par la taille ou par le niveau. Les calculs pour les 64 réseaux métropolitains européens confirment ces résultats.

Cela signifie qu'en plus de rendre les réseaux hiérarchisés par les relations de proximité, la méthode du *plus proche voisin de niveau supérieur* les rend spatialement hiérarchisés, par les relations de proximité hiérarchisée. Ces réseaux de villes correspondent alors à des structures spatiales sous-jacentes du système de villes étudié.

Les réseaux de voisinages et de proximités hiérarchisés n'ayant pas pu montrer une règle quant à l'orientation des distributions spatiales, la méthode ne peut prétendre

conduire vers des distributions spatiales qui seraient les plus régulières possible (vers celle du modèle des lieux centraux).

L'analyse des arbres spatiaux et des arbres hiérarchiques

Outre le fait de montrer la structure hiérarchique des « systèmes de villes régionaux » par les positions des villes par niveaux, ces arbres sont susceptibles d'apporter des informations sur leur organisation spatiale. Les deux arbres sont très complémentaires dans l'apport d'informations spatialisées pour le tracé spatial et d'informations hiérarchiques pour le tracé hiérarchique. Ils possèdent cependant tous les deux des informations spatiales et hiérarchiques parce qu'ils sont construits sur des relations de proximités hiérarchisées (*plus proche voisin de niveau supérieur*)

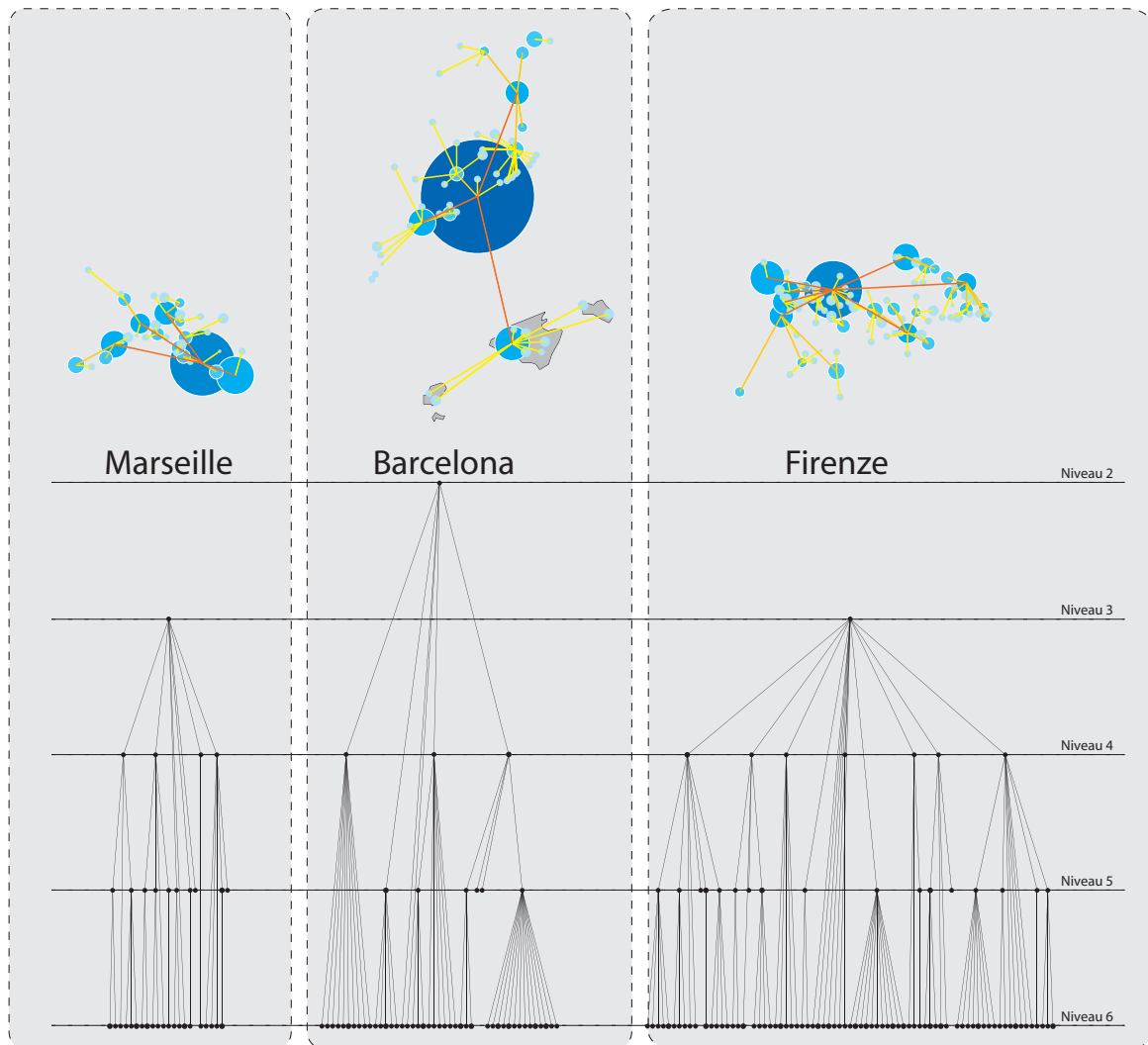


Figure 44 : tracés spatiaux et tracés hiérarchiques des réseaux de villes autour de Marseille, Barcelona et Firenze

Barcelona, métropole de près de 4 millions d'habitants, domine son réseau régional par son poids démographique. Cela se traduit par un nombre quasi nul de relations de proximité avec les villes du plus bas niveau de la hiérarchie (une seule). L'explication vient de l'agglomération qui a absorbé toutes les petites villes dans un voisinage plus ou moins réduit. L'arbre spatial permet de mieux comprendre les localisations des trois sous-réseaux barcelonais alors que le tracé hiérarchique sert à mieux comprendre leur organisation hiérarchique. Les trois sous-réseaux se posent en trois réseaux satellites répartis spatialement sous la forme d'un triangle isocèle, au centre duquel on retrouve la métropole, qui assurerait la diffusion (irrigation et drainage) à partir de et vers la métropole. C'est du moins ce que permettent de supposer les formes des arbres. On a donc affaire à **un réseau polarisé** ou centralisé.

Le réseau de villes autour de Firenze fait penser à une organisation de type modèle des lieux centraux, avec une organisation très hiérarchisée. La régularité de ce type d'organisation spatiale est bien retranscrite par son tracé hiérarchique avec un nombre de relations par ville qui semble régulier en descendant vers le bas de la hiérarchie. Firenze, à la différence de Barcelona, possède des liens directs avec plusieurs villes de différents niveaux. L'occupation de l'espace par les villes paraît plus régulière avec, en son centre, la métropole. On a donc affaire à un **réseau hiérarchisé** (homogène).

Le réseau de villes autour de Marseille montre une organisation hiérarchique dans laquelle le nombre de villes par niveau augmente faiblement vers le bas de la hiérarchie. D'un niveau à l'autre, les relations hiérarchiques de proximités sont relativement réduites. Ces traits sont caractéristiques d'une organisation spatiale située entre celles des deux premiers réseaux décrits, c'est-à-dire, entre réseau polarisé et réseau hiérarchisé. Le réseau autour de Marseille serait **un réseau multipolaire**, avec, autour de la métropole provençale, les pôles de niveau 4 (compris entre 100 000 et 500 000 habitants) de Toulon, d'Avignon, de Nîmes et de Montpellier.

C.3.2. Réseaux de villes et modèle de lieux centraux

Pour illustrer le fait que les possibilités de rencontrer une distribution spatiale des lieux centraux selon Christaller sur le territoire européen sont infimes, même après des mises en réseaux, nous avons entrepris deux analyses succinctes. La première compare des distributions spatiales observées à l'intérieur des réseaux de villes méditerranéens à des distributions théoriques des lieux centraux. La seconde réalise les mises en réseaux des lieux centraux dans une trame théorique à 4 niveaux et $k = 3$.

C.3.2.1. Comparaison des distributions spatiales des réseaux méditerranéens au modèle des lieux centraux

Pour la comparaison des distributions spatiales observées dans les réseaux de villes méditerranéens au modèle des lieux centraux, les 3 paramètres de la mise en place de la grille théorique doivent être précisés : le nombre de niveaux, le rayon du plus petit hexagone et le calage de la grille.

Le nombre de niveaux des réseaux observés étant de 4, nous avons repris la grille théorique élaborée page 113 pour la plaquer sur les espaces observés (Figure 12).

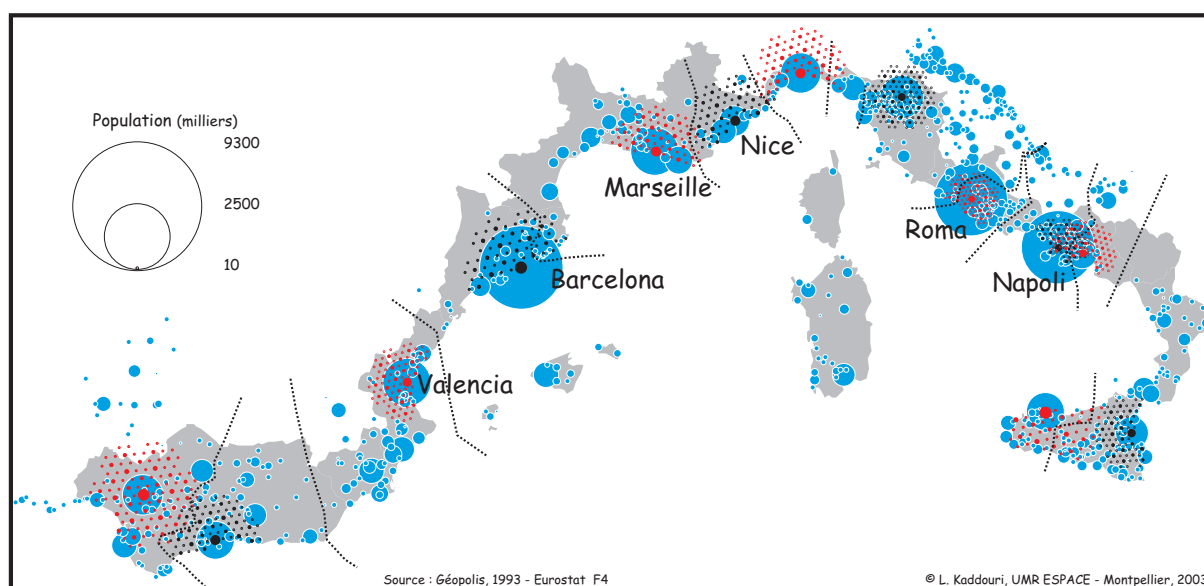
Pour chaque réseau, les 13 réseaux de proximités hiérarchisés par la taille et les 13 réseaux de proximités hiérarchisés par les niveaux de villes, nous avons reconstitué cette grille en fixant le rayon r pour chacun des réseaux, égal à Do , moyenne des distances observées au plus proche voisin dans le réseau.

Ce deuxième paramètre fixé reste à déterminer la méthode de calage. Nous avons choisi de faire correspondre les deux villes de plus haut niveau : le centre de la grille théorique et la métropole du réseau méditerranéen. En fixant chacune des grilles sur cette métropole régionale, nous l'avons fait pivoter autour de cet axe de manière que les villes de niveau 2 de la grille théorique se rapprochent au mieux de celles de la distribution observée.

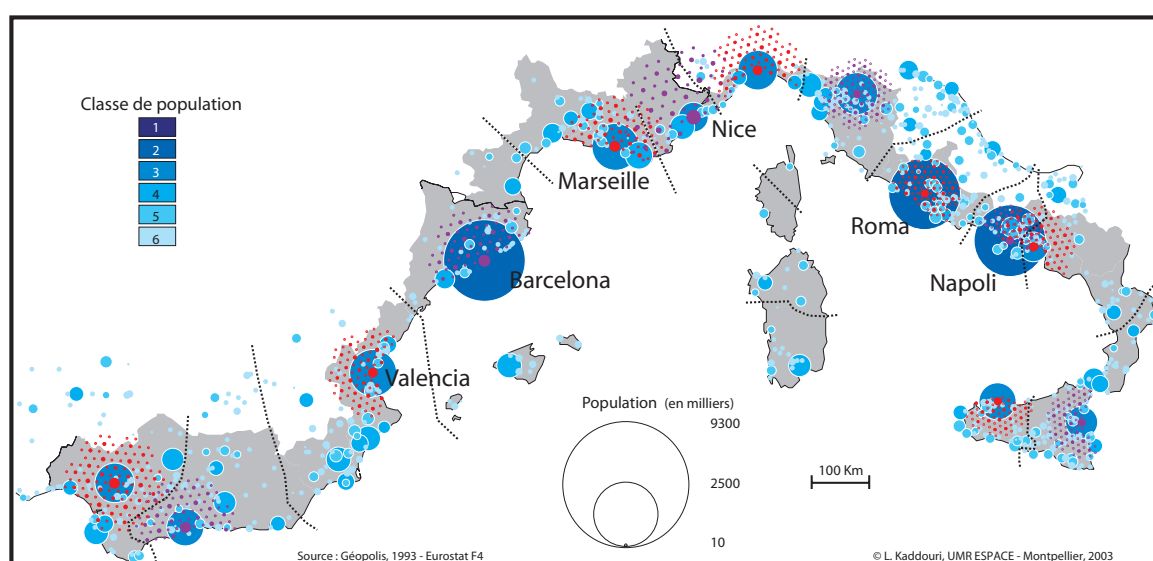
La ligne en pointillés, sur les deux représentations graphiques (Carte 26, p.270 ; Carte 27, p.270), montre à quel réseau appartiennent les villes. Ce n'est pas une frontière. Les couleurs des trames théoriques sont alternées pour distinguer les chevauchements des trames fixées sur des métropoles différentes.

Sauf pour les réseaux dont les métropoles se situent plus à l'intérieur des terres (Sevilla et Firenze), toutes les trames théoriques se trouvent amputées d'une partie de la grille : des villes sont noyées dans la mer.

Les régularités des trames théoriques sont trop éloignées des distributions observées pour prétendre à un quelconque approfondissement ; ce que dessinent les mises en réseaux sur ce modèle n'a jamais été retrouvé dans nos mises en réseau, confirmant le fait que le modèle ne colle pas aux distributions observées.



Carte 26 : comparaison des distributions spatiales régionales à des distributions théoriques selon le modèle des lieux centraux de W. Christaller (plus proche voisin supérieur)



Carte 27: comparaison des distributions spatiales régionales à des distributions théoriques selon le modèle des lieux centraux de W. Christaller (plus proche voisin de niveau supérieur)

C.3.2.2. Mises en réseaux des lieux centraux

Pour parachever cette analyse, nous avons voulu visualiser spatialement les formes auxquelles conduisent les applications des mises en réseaux sur les lieux centraux du modèle de Christaller. Ces applications montrent à quel point l'ensemble des réseaux construits à partir du système de villes européennes sont éloignés de la géométrie créée par les réseaux des lieux centraux.

Nous avons appliqué pour cela quatre méthodes de mise en réseaux au modèle à 4 niveaux et $k = 3$: celle du *plus proche voisin supérieur*, du *plus proche voisin de classe supérieure*, de la *boule à voisinage fixe* et de la *boule à voisinage variable* en fonction de la taille des villes. Pour cette dernière méthode, non développée dans la méthodologie, les rayons de voisinages sont plus grands pour les villes les plus grandes.

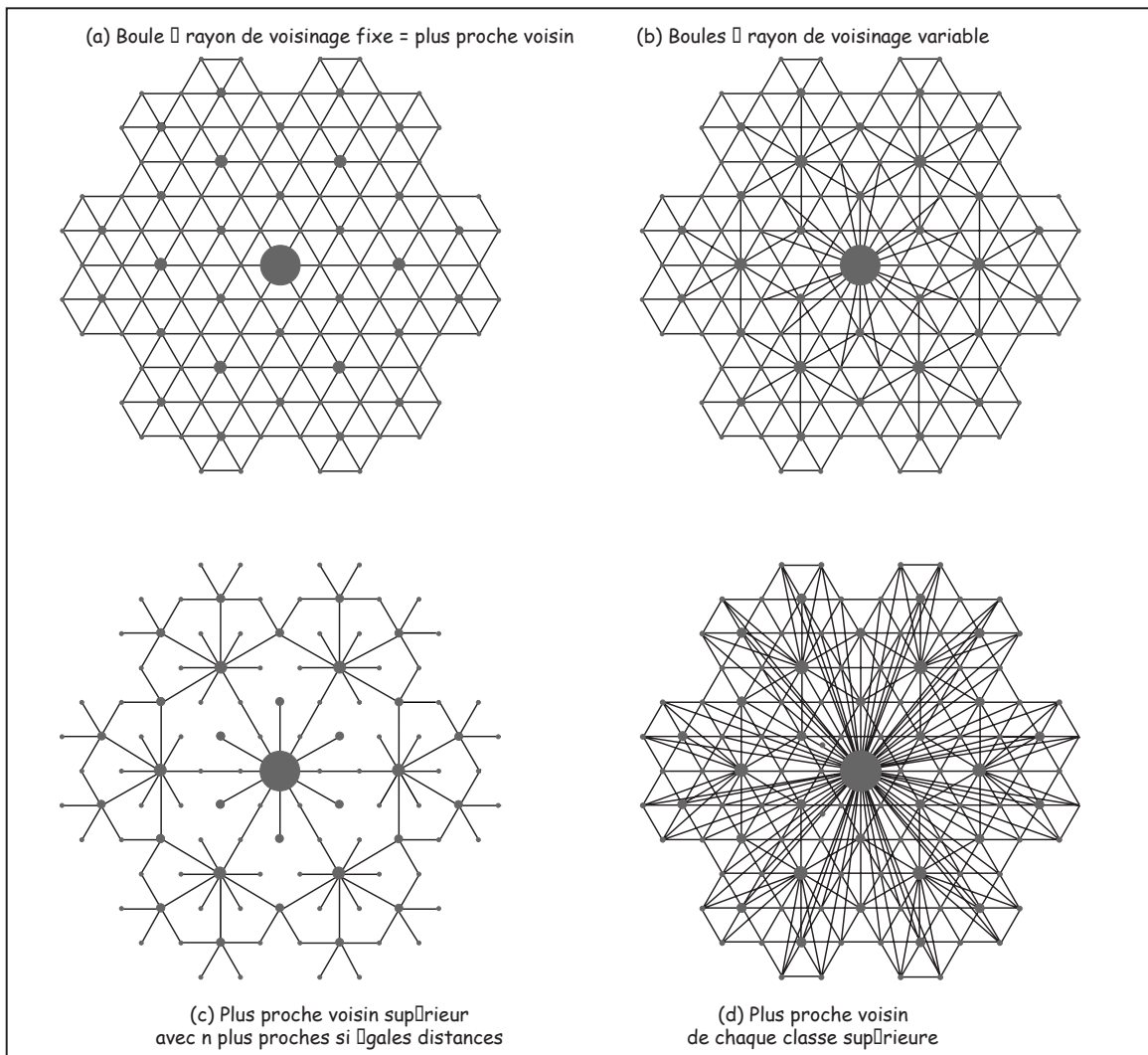


Figure 45: la mise en réseau des villes sur le modèle de Christaller à 4 niveaux - $k=3$

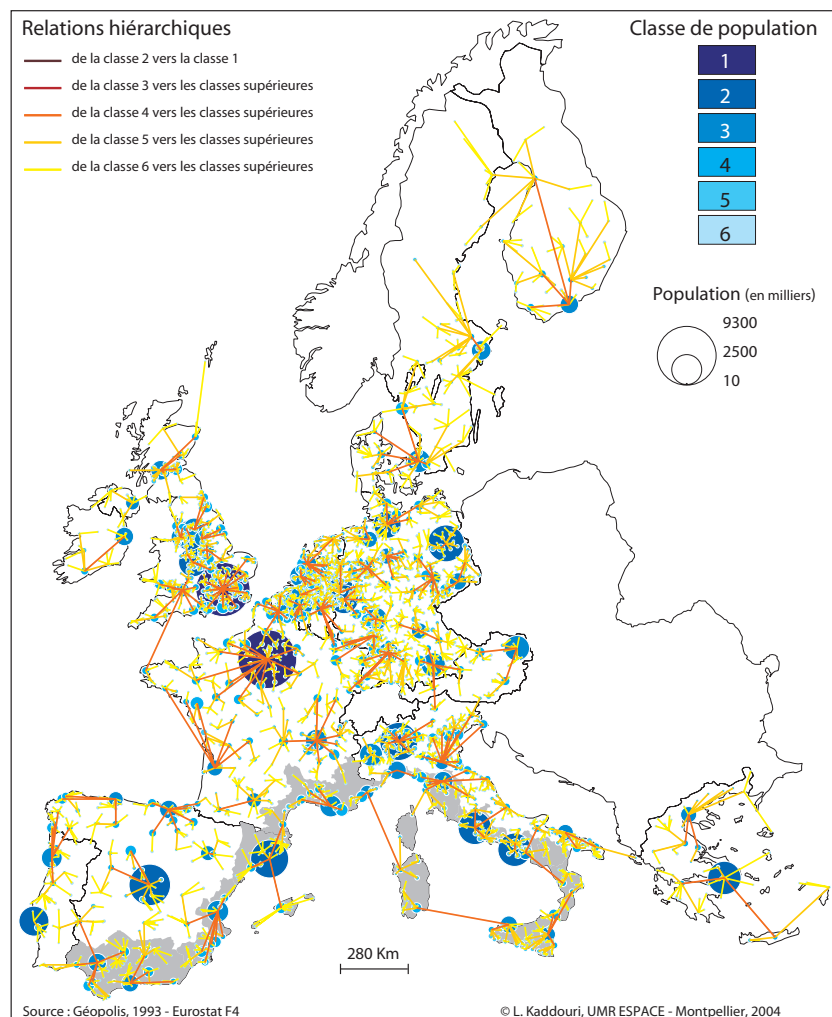
La difficulté qui se pose lorsqu'on souhaite mettre en réseau les villes dans un modèle de Christaller à 4 niveaux et $k = 3$, c'est le choix des relations multiples de voisinages ou de proximités du fait de la géométrie du modèle. Cela traduit les multipolarités et les multidépendances des villes du modèle les unes par rapport aux autres. Dans les mises en réseaux ne tenant compte que de contraintes d'espacement, cela ne pose aucun problème (cas a et b) ; mais dans le cas des mises en réseaux tenant compte des niveaux de villes et des proximités, des choix sont à faire. Ainsi, dans le cas de la mise en réseau selon les plus proches voisins (cas a), on relie une ville à ces n plus proches voisins si ces derniers sont à égale distance. On obtient dans ce cas, la même structure que celle obtenue pour la méthode de la *boule à voisinage fixe* au rayon égal au plus petit rayon d'hexagone, le maillage particulier du **treillis**. Dans le cas des *plus proches voisins de chaque classe supérieure* (cas c), les choix se font pour toutes les villes sauf pour celle des deux plus hauts niveaux de la hiérarchie¹¹⁹. En effet, plus on descend dans la hiérarchie et plus les villes ont de relations. On trouve alors aucune relation pour la ville du niveau 1, une seule relation pour une ville de niveau 2, deux relations pour une ville de niveau 3, et ainsi de suite. Dans la mise en réseau au *plus proche voisin supérieur*, les choix des multiples relations se font à tous les niveaux sauf pour le niveau le plus élevé de la hiérarchie. Nous considérons alors plus probable, dans une logique de marché, de ne conserver, en cas d'égalité de distance, que la (ou les) relation(s) vers la (ou les) plus grande(s) d'entre elles (cas (c)). Enfin, l'introduction d'un rayon variable en fonction de la supériorité démographique laisse entrevoir une étoile sur un treillis, la ville du plus haut niveau étant au centre de cette étoile.

Excepté des formes de treillage observées dans les mises en réseaux de voisinage (cf. Carte 21, p.240) la régularité des formes des graphes obtenues n'a jamais pu être retrouvée.

Bien que ce modèle soit une bonne base pour montrer les écarts à l'uniformité ou à l'homogénéité dans les distributions spatiales, il demeure pour certains territoires trop éloigné de l'observation.

¹¹⁹ Dans un modèle au nombre de niveau supérieur, cela concerne toujours les villes sauf celles des deux plus hauts niveaux de la hiérarchie.

Conclusion



Carte 28 : les 64 réseaux européens

Cette méthodologie, axée sur les structures spatiales et des interactions spatiales théoriques reproduisant les propriétés et les caractéristiques des systèmes de villes, a permis de déterminer ces réseaux métropolitains autour des principales grandes agglomérations européennes. Il a surtout permis de définir un arc méditerranéen par regroupement des réseaux de villes autour des métropoles méditerranéennes. Pour proposer des Réseaux de villes « institutionnels » dans lesquels la proximité spatiale, l'égalité et la complémentarité (l'homogénéité) priment, il est logique que la méthode du *plus proche voisin de niveau supérieur* soit retenue au final. Elle permet de proposer des réseaux de proximités hiérarchisés européens et un « arc méditerranéen latin » formé d'un ensemble de réseaux de villes hiérarchisés (« homogène ») à partir de l'unique attribut population et sans tenir compte d'un quelconque maillage administratif. Les analyses des

voisinages et des proximités (hiérarchisés ou non) n'ont pas pu nous permettre de proposer en plus des réseaux dont les distributions spatiales auraient été les plus régulières possible.

Ce sont ces réseaux européens, autour des 64 métropoles de dimension européenne, qui peuvent être envisagés pour constituer les bases des réseaux de villes pour un « polycentrisme maillé » (Carte 28, p.273). À une autre échelle, le « polycentrisme maillé » peut s'obtenir à partir des villes de niveau 2 ou de niveau 4.

D'un point de vue formel, la mise en réseau selon la méthode du *plus proche voisin de niveau supérieur* et la régionalisation¹²⁰ à partir des descendance des métropoles de niveau 3, nous ont conduit vers des réseaux de villes plus « homogènes et comparables » dans leur organisation hiérarchique. Bien que comparées à la loi de Zipf et à un indice indépendant de cette loi qui sont « a-spatiaux », les contraintes de proximités spatiales réorientent ces méthodes vers des considérations spatiales.

Il est évident que les structures spatiales déjà en place influent sur les résultats. C'est en masquant les maillages et en introduisant les contraintes de proximités et de rapports de tailles qu'elles sont prises en compte de manière non restrictive.

Les structures relevées le sont dans un espace euclidien et par l'analyse des distributions rang-taille et de l'indice de Gini. La prise en compte d'autres mesures d'espacement aurait conduit à d'autres structures hiérarchiques (bien que la structure originelle soit solidement ancrée), alors que d'autres mesures des organisations hiérarchiques auraient conduit au même constat.

¹²⁰ il s'agit bien là de régionalisation dans le sens où les entités appelées réseaux de villes forment des ensembles dont la réunion forment le système de villes européen et les intersection sont vides (une ville appartient à un réseau et à un seul).

Conclusion générale

Ce travail achevé, il est bon de rappeler les objectifs que nous nous étions fixés.

Nous devons montrer, d'une part, qu'une approche par les systèmes de villes pouvait nous conduire à la régionalisation de territoires et, d'autre part, comment les propriétés, les caractéristiques et le fonctionnement des systèmes de villes permettaient de déterminer les réseaux de villes autour desquels cette régionalisation pouvaient se réaliser.

Nous avons envisagé des méthodes « simples et pertinentes » pour représenter les interactions spatiales et régionaliser des territoires *dépourvus de mailles* et fondés sur les connaissances générales des systèmes de villes.

Enfin, nous devons montrer comment la représentation des interactions spatiales pouvait dégager les structures spatiales locales ou sous-jacentes¹²¹ dans un système de villes et permettre leurs analyses.

En d'autres termes, l'objectif global était de modéliser des interactions spatiales à l'intérieur d'un système de villes pour définir des réseaux de villes autour desquels une régionalisation du territoire pouvait être réalisée.

Avons-nous atteint ces objectifs ? Il nous semble que la réponse est affirmative.

Nous avons montré que les interactions spatiales dans un système de villes pour proposer des réseaux de villes et régionaliser les territoires pouvaient être modélisées par deux critères seulement : *la taille* et *la localisation* des villes.

Ces deux critères caractérisent, à notre sens, au mieux les propriétés et les caractéristiques du fonctionnement des systèmes de villes. Ils reproduisent à eux seuls deux propriétés fondamentales des systèmes de villes, *la hiérarchie urbaine* et les *espacements*, lesquelles ont conduit à proposer plusieurs représentations des interactions spatiales destinées à la régionalisation et l'analyse des territoires (Tableau 15, p.277).

¹²¹ Rappelons que les structures spatiales sous-jacentes correspondent aux structures spatiales de « sous-systèmes locaux de villes » non déterminés *a priori*.

		Réseaux hiérarchisés emboîtements de systèmes		Réseaux de voisinages et de proximités sans hiérarchie	
		Hiérarchie administrative	Principe de marché	Réseaux de proximités	Réseaux de voisinages
Critère de taille	par les valeurs	Plus proche voisin supérieur	2 à (n-1) plus proches voisins supérieurs	Plus proche(s) voisin(s) d'ordre 1 à (n-1)	Boule de rayon r
		Plus proche voisin x fois supérieur			
	par les niveaux	Plus proche voisin de niveau supérieur	Plus proche voisin de niveaux supérieurs d'ordre 2 à (K-1)		
			Plus proche voisin de chaque niveau supérieur		

Tableau 15 : tableau de synthèse des méthodes de mise en réseaux des villes

Dans un premier temps, nous avons révélé des *réseaux de voisinages et de proximités*, sur la seule base de contraintes de proximités et de voisinages¹²². Très utiles dans l'analyse des structures spatiales sous-jacentes des systèmes de villes, les méthodes reproduisent les interactions spatiales de voisinages et de proximités. Ces premières méthodes ne sont cependant que le début d'un processus de complexification de notre méthodologie, dans laquelle le voisinage ou la proximité représente *la condition spatiale indispensable* à la modélisation des interactions.

Dans un deuxième temps, reprenant la même condition, nous avons modélisé les interactions spatiales dans un système de villes selon deux principes fondamentaux d'organisation hiérarchique : le *principe dit « de marché »* et le *principe de la hiérarchie administrative*. Ils déterminent les *réseaux de villes hiérarchisés*. Les modèles d'organisation hiérarchique dits « a-spatiaux » sont alors toujours spatialisés par l'intégration de contraintes de voisinages ou de proximité (contraintes spatiales).

Dans le cas du *principe de « marché »*, l'emboîtement de la hiérarchie de niveaux est non-strict. Il peut exister une relation d'ordre partielle (au sens mathématique) reproduisant le fait que toutes les villes d'un même système local de villes n'appartiennent pas toutes au même système régional de villes et toutes les villes d'un même système régional n'appartiennent pas toutes au même système supra-régional. Ces représentations apportent une aide complémentaire à l'analyse des organisations spatiales des systèmes étudiés.

¹²² Sans taille de villes, donc sans hiérarchie.

Dans le cas administratif, l'emboîtement de la hiérarchie de niveaux est strict. Il existe une véritable relation d'ordre (au sens mathématique) traduisant le fait que toutes les villes d'un même système local de villes appartiennent au même système régional de villes et toutes les villes de ce système régional appartiennent à leur tour au même système supra-régional. Ce sont ces représentations qui peuvent conduire à la régionalisation des territoires. Parce que des structures spatiales sont mises en évidence par les relations entre les composantes (les villes) d'un système de villes et par les structures sous-jacentes du système, les entités spatiales créées autour de certains réseaux de villes nous paraissent être des régions(-systèmes). Elles montrent que les régions créées à l'intérieur d'un système de villes sont les plus « homogènes » ou « égalitaires » qui puissent être. Ce sont ces régions qui peuvent aider à la régionalisation « institutionnelle » du territoire européen, par exemple (pour la réalisation du « polycentrisme maillé »).

La modélisation repose sur la théorie des graphes, essentielle dans toute la procédure de la modélisation et plus particulièrement pour l'analyse des structures spatiales.

Les arbres, sous-ensemble de la théorie de graphes, sont, de par la définition mathématique de leur structure (graphe hiérarchique), un moyen efficace de représentation des emboîtements hiérarchiques. En permettant d'intégrer les modèles d'organisations hiérarchiques et des contraintes spatiales, ils sont un outil d'analyse des organisations spatiales des réseaux de villes.

Par sa représentation spatiale, l'arbre des interactions permet de spatialiser les relations hiérarchiques.

Par sa représentation hiérarchique, l'arbre des interactions spatiales permet d'apporter des informations complètes sur la structure hiérarchique du réseau étudié et sur son organisation spatiale. La structure hiérarchique peut être analysée par la position des villes par niveaux et par leurs relations hiérarchiques. Les relations hiérarchiques étant spatiales par contrainte, elles permettent *l'analyse spatiale des hiérarchies* ou *l'analyse de la hiérarchie spatialisée*. Aussi l'arbre reproduit plus que la structure hiérarchique d'un réseau de villes (d'un système de villes), il représente la forme de son organisation spatiale.

Cette représentation par les arbres peut apporter plus encore à l'étude des systèmes de villes.

En effet, dans une analyse diachronique du système de « villes » du *Lodévois*¹²³ (XIV^e, début et fin XVIII^e siècles), les arbres de relations hiérarchiques par les niveaux de « villes »¹²⁴ que nous avons construits sur un principe de hiérarchie administrative, ont permis des analyses plus complètes de l'évolution du système de « villes » (structures hiérarchiques, analyses temporelles des positions des villes, les nombres de villes, etc.) (Figure 46, p.279).

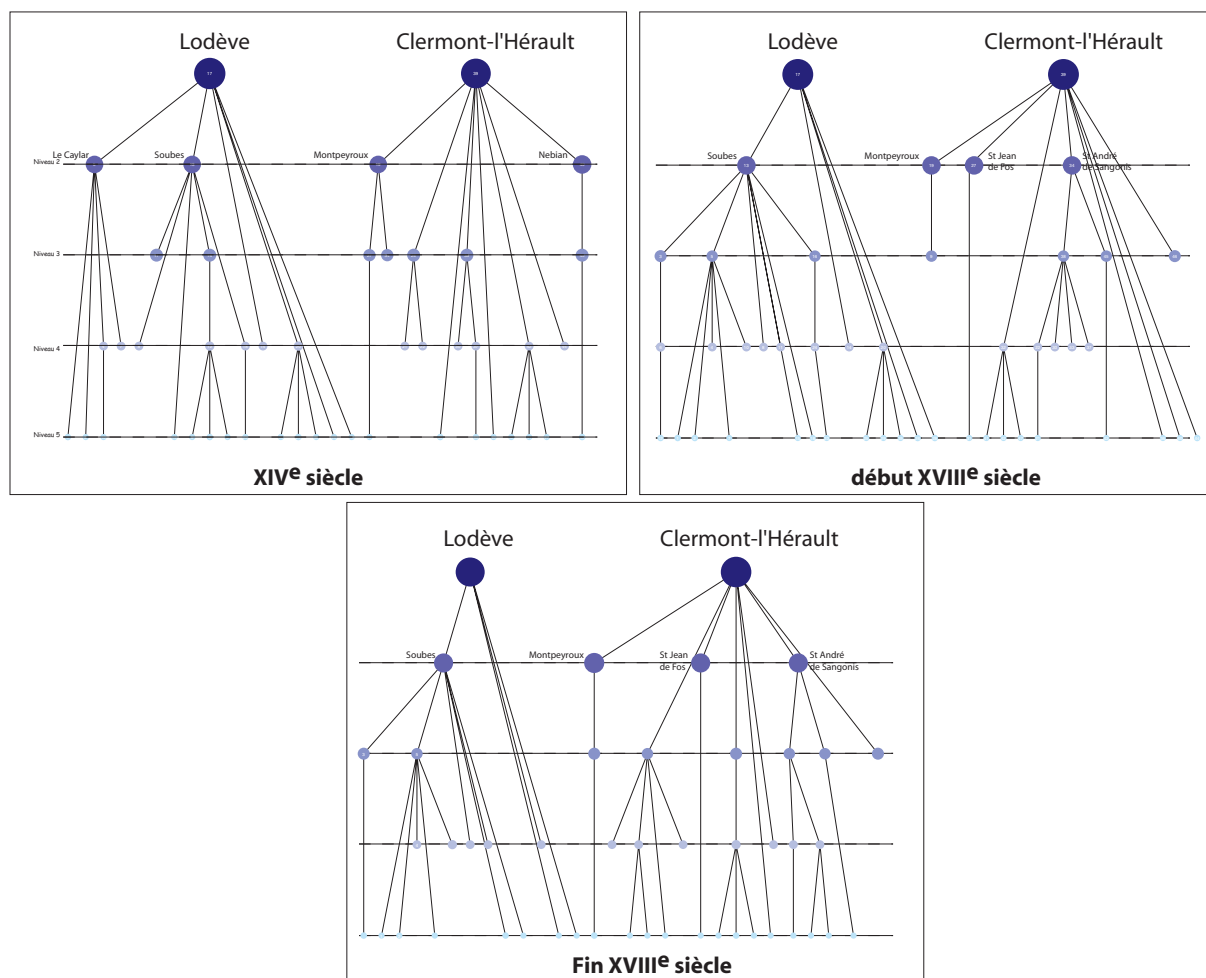


Figure 46 : les arbres des relations hiérarchiques pour 3 périodes

Cette application et l'ensemble méthodologique et conceptuel défini dans ce travail, nous conduisent à nous poser des questions fondamentales pour l'étude des systèmes de villes.

¹²³ Nous avons évoqué dans le chapitre 4. ce travail collectif réalisé par Garmy P., Rozenblat C, Schneider L. et moi-même, présenté au colloque « *Temps et espaces de l'Homme en société : analyses et modèles spatiaux en archéologie* » en octobre 2004.

¹²⁴ Réseaux de proximité hiérarchisés par le niveau.

La représentation des interactions spatiales, sous la forme du tracé hiérarchique de l'arbre, ne pourrait-elle pas aider à la recherche d'un indicateur pour mesurer les changements d'état des systèmes et à repérer les bifurcations ou la résilience des systèmes de villes ?

Il s'agira à l'avenir d'appliquer des régionalisations de territoires dépourvus de maillage administratif sur plusieurs périodes et d'analyser les évolutions des organisations spatiales des réseaux de villes par nos méthodes.

Bibliographie

Pour faciliter la recherche d'une source bibliographique, nous n'avons pas séparé les références bibliographiques (documents et ouvrages cités dans le texte) et la bibliographie proprement dite (documents et ouvrages non cités dans le texte).

Le classement est effectué par ordre lexicographique et, pour un même auteur, par un tri des références des plus récentes au plus anciennes.

ALBOUAZZAOUI A., 1994, « Agrégation et modélisation objet dans les SIG » in *Les Journées de la Recherche CASSINI*, GDR CASSINI, Lyon 13-14 oct., pp. 187-196.

ALONSO W., 1960, A Theory of the Urban Land Market, *Papers and Proceedings, Regional Science Association*, n°6, pp. 149-157.

ALTMAYER J., DIEBOLD F., 1977, « Utilisation d'indices graphiques pour la description des zones d'influences urbaines », *Recherches Géographiques*, pp. 31-53.

AMAR G., PENY A., STATHOPOULOS N., 1993, « Formes et fonctions des points de réseaux », *Flux*, CNRS, n°12, pp. 29-45.

AMAR G., STATHOPOULOS N., 1987, « Les réseaux à organisation polaire : approche théorique et méthodologique de l'évaluation des performances », *Les cahiers scientifiques du transport*, n°15-16, pp. 13-40

APPOLIS E., 1936, « Lodève. Étude de Géographie urbaine », *Cahiers d'Histoire et d'Archéologie*, t.11, Languier, Nîmes, pp.45-76.

ARCHAEOMEDES, 1998, *Des oppida aux métropoles. Archéologues et géographes en vallée du Rhône*, Paris, Anthropos-Economica, 280 p.

AURAY J.-P., MATHIS Ph., 1994, « Analyse spatiale et théorie des graphes », in *Encyclopédie d'Économie Spatiale*, Auray J.-P. et al. (dir.), Économica, Paris, pp. 81-92.

AURIAC F., 1986, « Région-Système, région et systèmes économiques », *L'Espace Géographique*, n°4, Doin, Paris, pp. 272-277.

AURIAC F., 1983, *Système économique et espace*, Paris, Economica, 215 p.

AUROUX J., 1998, *Réforme des zonages et aménagement du territoire. Rapport au Premier ministre*, Paris, Datar, 68 p.

BAILLY A.S., 1998, « La géographie appliquée » in *Les concepts de la géographie humaine*, Bailly A.S. et al. (dir.), A. Colin, Paris, 4^e éd. pp. 311-318.

BAILLY A. et al., 1995, *Stratégies spatiales, comprendre et maîtriser l'espace*, Reclus, Montpellier, 216 p.

BAILLY A., 1995, « Régions et mondialisation », *Sciences Humaines. Hors Série*, 8, Paris.

BAILLY A., 1994, « Les représentations de l'espace – une approche cognitive » in *Encyclopédie d'Économie Spatiale*, Auray J.-P. et al. (dir.), Économica, Paris, pp. 13-18.

- BAILLY A. et HURIOT J.-M., 1999, *Villes et croissance: théories, modèles, perspectives*, Anthropos, Paris, 280 p.
- BARTHÉLÉMY J.-P., GUÉNOCHE A., 1988, *Les arbres et les représentations des proximités*, Masson, Paris, 240 p.
- BARTLETT M.S., 1975, *The statistical analysis of spatial pattern*, Chapman and Hall, London.
- BARTLETT M.S., 1974, « Physical nearest-neighbour models and non-linear time series III », *Journal of Applied Probability*, n°11, pp. 222-232.
- BAUDELLE G., 1997, « Quadrillage, treillage, maillage: discussion », *L'Espace géographique*, n°1, Belin, Paris, pp. 79-80.
- BAUDELLE G., CASTAGÈDE B., GUIGOU J.-L., 2002, *Le polycentrisme en Europe*, Aube (Ed. de l'), Paris, 127 p.
- BAUDELLE G., PINCHEMEL P., 1986, « De l'analyse systémique de l'espace au système spatial en géographie » in *Espaces, jeux et enjeux*, Auriac F. et Brunet R. (eds.), Fayard Fondation Diderot, pp. 83-94.
- BAVOUX J.-J. et al., 1998, *Introduction à l'analyse spatiale*, Paris, Colin, 95 p.
- BEAUJEU-GARNIER J., 1980, *Géographie urbaine*, A. Colin, Paris, 360 p.
- BEAUJEU-GARNIER J., 1971, *La géographie, méthodes et perspectives*, Masson, Paris, 141 p.
- BECKMANN M.J., 1958, « City hierarchies and distribution of city-size. », *Economic Development and Cultural Change*, vol. 6, pp. 243-248.
- BEGUIN H., 1998, « Analyse mathématique » in *Les concepts de la géographie humaine*, Bailly A. et al., A. Colin, Paris, 4^e éd., pp. 266-275.
- BEGUIN H., 1998, « La géographie économique » in *Les concepts de la géographie humaine*, Bailly A. et al., A. Colin, 4^e éd., pp. 165-174.
- BEGUIN H., 1995, « La région » *Encyclopédie d'Économie Spatiale*, Auray J.P. et al. (dir.), Economica, Paris, pp. 139-143.
- BEGUIN H., 1990, « La distance chez Christaller », *Revue d'Economie Rurale et Urbaine*, n°2, pp. 271-279.
- BEGUIN H., 1988, « La région et les lieux centraux » in *Analyse Economique Spatiale*, Ponsard C. (dir.), Economica, Paris, pp. 231-276.
- BEGUIN H., DECONNICK, PEETERS, 1989, « Optimiser la localisation des écoles primaires : le cas de Mouscron en Belgique », *Revue Économique Régionale et Urbaine*, n°5, pp. 795-806.
- BEGUIN H., THOMAS I., 1996, « Morphologie du réseau de communication et localisations optimales d'activités. Quelle mesure pour exprimer la forme d'un réseau ? », *Flux*, n°27.

- BEGUIN H., THOMAS I., 1997, *Morphologie du réseau de communication et localisations optimales d'activités. Quelle mesure pour exprimer la forme d'un réseau ?*, Cybergéo, n°26. <http://193.55.107.45/reseaux/texte1/begthom.htm>
- BÉGUIN M., PUMAIN D., 1994, *La représentation des données géographiques : statistique et cartographie*, A. Colin, Paris, 192 p.
- BELLET M., KIRAT Th., LARGERON C. (coord.), 1998, *Approches multiformes de la proximité*, Hermès, Paris, 343p.
- BELLET M., KIRAT Th., 1998, « La proximité, entre espace et coordination », in *Approches multiformes de la proximité*, Bellet M., Kirat Th., Largeron C. (coord.), Hermès, Paris, pp.23-40.
- BENKO G., 1998, *La science régionale*, PUF, Paris, 126p. (Que sais-je ?)
- BENKO G., LIPIETZ A. (dir.), 2000, *La richesse des régions. La nouvelle géographie socio-économique*, PUF, Paris, 564 p.
- BENKO G., LIPIETZ A., 1992, *Les régions qui gagnent*, PUF, Paris, 424 p.
- BENOÎT J.-M., BENOÎT Ph., PUCCI D., 1998, *La France redécoupée. Enquête sur la quadrature de l'hexagone*, Belin, Paris, 283 p.
- BERGE Claude, 1987, *Hypergraphes*, Paris, Gauthiers-Villars Bordas, 240 p.
- BERGE Claude, 1983, *Graphes*, Paris, Gauthiers-Villars, 3^e éd., 400 p.
- BERGE Claude, 1966, *Théorie des graphes et ses applications*, Dunod, Paris, 2^e éd., 267 p.
- BERMOND I., POMARÈDES H., RASCALOU P., 2002, . Évolution des centres de production et pôles de peuplement dans la vallée de l'Hérault. Les exemples d'Embonne (Agde) et Peyre-Plantade (Clermont-l'Hérault), *Revue Archéologique de Narbonnaise*, n°38, pp. 241-258.
- BERNARD Michel, 2000, *Les agglomérations et le nécessaire maillage urbain en Limousin. Vers une nouvelle organisation solidaire des territoires*, Conseil Économique et Social du Limousin, 60 p.
- BERROIR S., 1997, *Concentration et polarisation : vers une nouvelle organisation des espaces urbanisés. Étude comparative des grandes villes françaises*, Thèse de doctorat, Paris I, 402 p.
- BERRY J.B.L., 1968, « A synthesis of formal and functional regions using a general field theory of spatial behaviour » in *Spatial Analysis*, Berry B.J.-L. and Marole (eds.), Englewood Cliffs (N.J.), Prentice Hall, pp 419-428.
- BERRY B.J.L., 1967, *Geography of market centers and retail distribution*, Prentice Hall, New York, trad. fr., 1971, « Géographie des marchés et du commerce de détails », B. Marchand, Paris, Colin, 254 p.
- BERRY B.J.L., 1964, « Cities as system within systems of cities », *Papers of the Regional Science Association*, 13, pp. 147-163.

- BERRY B.J.L., BARNUM H.G., 1962, « Aggregate Relations and Elemental Components of Central Place Systems », *Journal of Regional Science*, n°4.
- BERRY B.J.L., BARNUM H.G., TENNANT R.J., 1962, « Retail Location and Consumer Behavior », *Papers and Proceedings, Regional Science Association*, 9, pp.65-106.
- BERRY J.B.L., GARRISON W.L., 1958a, « Alternate explanations of urban rank-size relationships », *Annals of Association of American Geographers*, vol. 48, pp.83-91.
- BERRY J.B.L., GARRISON W.L., 1958b, « The functional bases of the central place hierarchy », in *Economic Geography*, vol. 34, pp.145-154.
- BERTALANFFY L. (Von), 1973, *La théorie générale des systèmes*, Dunod, Paris, 296 p.
- BESSY-PIETRI P., 2000, « Les formes récentes de la croissance urbaine », *Économie et Statistique*, n°336, pp. 35-52.
- BIVAND R., 1998, « A review of spatial statistical techniques for location studies », *CEPR symposium on New Issues in Trade and Location*, Lund, Sweden, 21p.
- BLANK A., SOLOMON S., 2000, « Power laws in cities population, financimarkets and internet sites (scaling in systems with a variable number of components) », *Physica, A*, 287, 1-2, pp. 279-288. <http://xxx.lanl.gov/html/cond-mat/0003240>
- BOFFET A., 2001, *Méthode de creation d'informations multi-niveaux*, Thèse de Doctorat, Univ. Marne-la-Vallée – IGN, 228 p.
- BONNEFOY J.-L., 1995, *Structure et fréquentation d'équipements, commerces et services en Languedoc-Roussillon*, Thèse de doctorat, Aix-en-Provence, 2 vol. (333 p. + 82 p.).
- BONNEFOY J.-L., PUMAIN D., ROZENBLAT C., 1996, « Théorie des graphes et interactions non gravitaire », in *Spatial Analysis of Biodemographic Data*, Bocquet-Appel J. P., Courgeau D., Pumain D., John Libbey/INED, Paris.
- BOPDA A., GRASLAND Cl., 1994, « Migrations et régionalisations au Cameroun », *Espace Population Société*, n°1, pp. 109-129.
- BOUDEVILLE J.R., 1970, *Les espaces économiques*, Paris, PUF (Que Sais-Je ?).
- BRAKMAN S., GARRETSEN H., VAN MARREWIJK C., VAN DEN BERG M., 1999, « The return of Zipf: towards a further understanding of the rank-size distribution », *Journal of Regional Science*, vol. 39, n°1, Blackwell Publisher, pp. 183-213.
- BRETAGNOLLE A., 1999, *Les systèmes de villes dans l'espace-temps : effets de l'accroissement des vitesses de déplacements sur la taille et l'espacement des villes*, Thèse de Doctorat, Paris I, 298 p.
- BRÖCKER J., ROHWEDER H.C., 1990, « Barriers to international trade: Methods of measurement and empirical evidence », *Annals of Regional Science*, n°24, pp. 289-305.

- BROWN L.A., HOLMES J., 1971, « The delimitation of functional regions, Nodal regions and hierarchy by functional distance approaches », *Regional Science*, n°11, pp. 57-72.
- BRUNET R., 1998, « La Z.P.I.U. est morte, vive le Z.A.U. ! », *Mappemonde*, n°3, pp. 18-21.
- BRUNET R., 1997a, « Du maillage au treillage », *L'Espace géographique*, n°1, p. 81.
- BRUNET R., 1997b, *Champs et contre-champs*, Belin, Paris, 319 p.
- BRUNET Roger, 1997c, « Territoires : l'art de la découpe », *Revue Géographique de Lyon*, vol. 72, n°3.
- BRUNET R., 1986, « L'espace, règles du jeu » in *Espace, jeux et enjeux*, Auriac F., Brunet R. (éds.), Fayard, pp. 297-315.
- BRUNET R., 1988, *Espacements III*, Montpellier, GIP RECLUS, 127 p.
- BRUNET R., 1983, *Espacements II*, Paris, CNRS-Intergéo, 136 p.
- BRUNET R., 1981, *Espacements I*, Paris, CNRS-Intergéo, 113 p.
- BRUNET R., 1979, « Systèmes et approche systémique en géographie », *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, n°465, pp. 399-407.
- BRUNET R., 1972, « Pour une théorie de la géographie régionale » in *La pensée géographique contemporaine, mélanges offerts à R. Meynier*, Presse de l'Université de Bretagne, Rennes, pp. 649-662.
- BRUNET R., 1967, *Les phénomènes de discontinuités en géographie*, CNRS, Paris.
- BRUNET R., DOLLFUS O., 1990, *Géographie Universelle, Mondes Nouveaux*, Tome 1, Reclus, Belin, Paris, 551 p.
- BRUNET R., FERRAS R., THÉRY H., 1992, *Les mots de la géographie : dictionnaire critique*, Reclus - la Documentation Française, Montpellier - Paris, 420 p.
- BUNGE W., 1962, *Theoretical Geography*, Lund, Gleerup, XII-210 p.
- CALCIU M., SALERNO F., VANHEEMS R., 1996, « Les polygones gravitaires - Nouvelle méthode d'analyse spatiale des marchés. Application à un réseau bancaire. » in *Actes du XII Congrès de l'Association Française de Marketing*, Poitiers, 22-23 mai 1996, 22 p.
- CALCIU M., 1995, « Un algorithme de classification sous contrainte de contiguïté en géo-marketing » in *Actes du XI Congrès de l'Association Française de Marketing*, Reims.
- CAMAGNI R., 1996, *Principes et modèles de l'économie urbaine*, A.S.R.L.F., Economica.
- CAMAGNI R., 1993, « Organisation économique et réseaux de villes, in *Les villes, lieux d'Europe*, Sallez A. (dir.), DATAR/Édition de l'Aube, pp. 107-128.
- CANTER D., TAGG S.K., 1975, « Distance Estimation in cities », *Environment Behavior*, vol. 7, pp. 59-80.

- CARMICHAEL J., SNEATH P., 1969, « Taxometric maps », *Syst. Zool.*, n°18, pp.402-415.
- CARROUÉ L., 2002, « Les espaces économiques : entre contiguïtés spatiales, territoires fonctionnels et réseaux » in *Limites et discontinuités en géographie*, Carroué L. et al., Paris, SEDES, pp. 67-81.
- CASETTI E., 1972, « Generating Models by the Expansion Method : Applications to Geographical Research », *Geographical Analysis*, vol. 4, pp. 81-91.
- CATTAN N., PUMAIN D., ROZENBLAT C., SAINT-JULIEN Th., 1994, *Les systèmes de villes européennes*, Paris, Économica-Anthropos, 201 p. (2^e ed., 1999)
- CAUVIN C., 1984, *Espaces cognitifs et transformations cartographiques. Les conditions de la comparaison des espaces cognitifs : de la carte aux configurations ; exemples de l'espace urbain strasbourgeois*, Thèse de Doctorat d'État, Univ. Strasbourg.
- CAUVIN C., REYMOND H., SERRADJ A., 1987, *Discrétisation et représentation cartographique*. Montpellier, GIP RECLUS, 116 p.
- CAUVIN C., REYMOND H., HIRSCH J., 1985, *L'espacement des villes : théorie des lieux centraux et analyse spectrale*, Paris, CNRS, 186 p.
- CÉLIMÈNE F., LACOUR C., 1997, *L'intégration régionale des territoires*, Paris, Économica.
- CHARLIER-VANDERSCHRAEGE D., 1983, « Distance réelle et distances cognitives, la perception des distances en milieu intra-urbain : propositions méthodologiques et applications à la ville de Strasbourg », *Travaux et Recherche*, Fascicule n°3, U.E.R. Géographie, Strasbourg.
- CHARRE J., 1995, *Statistiques et territoires*, Montpellier, GIP RECLUS, 120 p.
- CHARRE J., DUMOLARD P., 1989, *Initiation aux pratiques informatiques en géographie*, Paris, Masson.
- CHESNAIS M., 1978, « Industrie et analyse régionale », *Analyse Spatiale Quantitative et Appliquée*, Nice, pp. 1-12.
- CHESNAIS M., 1976, *Analyse régionale des échanges ferroviaires*, Caen, Thèse d'état.
- CHESSEL D., THIOULOUSE J., DUFOUR A.B., 2004, « Introduction à la classification hiérarchique », *Fiche de Biostatistique – Stage 7*, Université de Lyon 1, 56 p. <http://pbil.univ-lyon1.fr/R/stage/stage7.pdf>
- CHORLEY R.J., 1962, , « Geomorphology and general system theory », in *Geological Survey Professional Paper 500-B*, Washington, D. C. US Government Printing Office.
- CHRISTALLER W., 1933. *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Iena, G. Fischer, trad. ang. partielle par Ch.W. Baskin, 1966, *Central Places in Southern Germany*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

- CICERI M.-F., MARCHAND B., RIMBERT S., 1977, *Introduction à l'analyse de l'espace*, Masson, Paris, 173 p.
- CICILLE P., ROZENBLAT C., 2003, *Les villes européennes. Analyse comparative*, Paris, Datar-La documentation française, 94 p.
- CLARK P.J., EVANS F.C., 1954, « Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations », *Ecology*, n°35, pp.445-453.
- CLAVAL P., 2002, « Découpages et effets de seuil en géographie », in *Limites et discontinuités en géographie*, Carroué L. et al., Paris, SEDES, pp.27-39.
- CLAVAL P., 1999, « Les réseaux de circulation et l'organisation de l'espace : les fondements de la théorie de la région polarisée », *Géographie, Économie, Société*, vol. 1, n°2.
- CLAVAL P., 1998, *Histoire de la Géographie française de 1870 à nos jours*, Nathan, Paris, 544 p.
- CLAVAL P., 1995, *Initiation à la géographie régionale*, Nathan, 2° éd., 288 p.
- CLAVAL P., 1994, « Réseaux, densités et effets de seuil : quelques réflexions sur l'aménagement », *Flux*, n°16, pp. 70-76.
- CLAVAL P., 1973, « La Théorie des lieux centraux revisitée », *Revue géographique de l'Est*, 1-2, pp 225-251.
- CLAVAL P., 1968, *Régions, Nations, Grands Espaces*, Génin, 837 p.
- CLAVAL P., 1966, « La Théorie des lieux centraux », *Revue géographique de l'Est*, n°1-2, pp. 131-152.
- CLAVAL P., JUILLARD E., 1967, *Région et régionalisation dans la géographie française*, Dalloz, Paris.
- COFFEY W., 1995, « Géographie, économie, science régionale » in *l'Encyclopédie de Géographie*, Bailly A., Ferras R., Pumain D. (dir.), Paris, Economica, pp. 141-157.
- COURGEAU D., BACCAÏNI B., 1989, « Migrations et distance », *Population*, n°3, pp. 659-663.
- COURGEAU D., 1988, *Méthodes de mesure de la mobilité spatiale*, INED, Paris, 301p.
- COWIE S.R., 1968, « The cumulative frequency nearest neighbour method for the identification of spatial patterns », *Seminar Series A*, n°10, University of Bristol, Department of Geography.
- CURRIEN N., 1993, « Réseau : du mot au concept », *Flux*, n°13/14, pp. 52-55.
- DACEY M.F., 1962, « Analysis of central place and point pattern by nearest neighbour method », *Lund Studies in Geography*, n°24, pp. 55-75.
- DACEY M.F., 1960, « A note on the derivation of the nearest neighbour distances », *Journal of Regional Science*, n°2.
- DATAR, 2002, *Aménager la France 2020. Mettre des territoires en mouvement*, La Documentation Française, 2° éd., 112 p.

- DAUPHINÉ A., 1979, *Espace, région et système*, Économica, Paris, 167 p.
- DAUTRY R., 1989, « Qu'est-ce qu'un réseau ? », *Flux*, n°0, pp. 77.
- DECAND G., 1998, « La NUTS, Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques » in *Les zonages : enjeux et méthodes*, INSEE Méthodes, n°83, pp. 117-125.
- DECOUPIGNY F., 2000, *Accès et diffusion des visiteurs sur les espaces naturels. Modélisation et simulations prospectives*, Thèse de doctorat, Université de Tours.
- DEGENNE A., FORSÉ M., 1994, *Les réseaux sociaux : une analyse structurale en sociologie*, Colin, Paris, 288 p.
- DEMATTEIS G., 1991, « Sistemi locali nucleari e sistemi a rete: un contributo geografico all'interpretazione delle dinamiche urbane » en *I sistemi urbani. Vol. I: Le teorie, il sistema e le reti*, Bertuglia C.S., La Bella A. (Ed.), Milano, Franco Angeli. pp. 417-441.
- DERYCKE P-H., 1993, « Théorie des réseaux de villes » in *Les villes, lieux d'Europe*, Salles A. (dir.), DATAR/Édition de l'Aube, pp. 95-106.
- DESCUBES O., MARTIN J-P., 1992, *La régionalisation fonctionnelle à partir des flux téléphonique : exemple du Grand Est Français*, I.D.A.T.E., pp. 163-173.
- DI MÉO G., 1991, *L'homme, la société, l'espace*, Anthropos, Paris.
- DI MÉO G., 2002, « Problématique enjeux théoriques et épistémologiques pour la géographie » in *Limites et discontinuités en géographie*, Carroué L. et al., SEDES, pp. 5-26.
- DIRICHLET G.L., 1850, « Uner die Preduction der positiven quadritschen Formen mit drei unbestimmten ganzen Zahlen, *Journal für die reine und angewandte Mathmatil*, n°40, pp. 209-234.
- DOBKINS L.H. et IOANNIDES Y.M., 2001, « Spatial interaction among U.S. cities: 1900-1990 », *Regional science & urban economics*, n°31, pp. 701-731.
- DONNELLY K., 1978, Simulations to determine the variance and edge effect of total nearest neighbour distance, *Simultaion Methods in Archaeology*, I. Hodder, Ed. Cambridge University Press, London.
- DUMOLARD P., 1999, « Accessibilité et diffusion spatiale », *L'Espace Géographique*, n°3, pp. 205-214.
- DUMOLARD P., 1981, *L'espace différencié*, Paris, Économica, 201 p.
- DUMOLARD P., 1980, « Le concept de région, ambiguïtés, paradoxes ou contradictions ? », *Travaux de l'Institut de Géographie de Reims*, n° 41-42, pp. 21-32.
- DUMOLARD P., 1975, « Région et régionalisation, une approche systémique », *L'Espace Géographique*, n°2, pp. 93-111.
- DUPUY G., 1993, « Géographie et économie des réseaux », *L'Espace Géographique*, n°3, pp. 193-209.

- DUPUY G., 1991, *L'urbanisme des réseaux*, Paris, A. Colin, 198 p.
- DUPUY G., 1985, *Systèmes, réseaux et territoires. Principes de réseautique territoriale*, Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, 168 p.
- DUPUY L., 1998, *Pour une remise en cause du maillage politico-administratif français ? Exemple de la limite départementale et régionale entre Pau et Tarbes*, Mémoire de D.E.A., Univ. Pau. , http://perso.wanadoo.fr/jules-verne/DEA_Lionel_Dupuy.PDF
- DURAND D., 2002, *La systématique*, P.U.F, Paris, 9^e éd., 128 p (Que sais-je ?).
- DURAND-DASTÈS F., 1996, « La notion de région » in *Démarches et pratiques en analyse spatiale*, Actes École thématique, Univ. Avignon.
- EATON J. et ECKSTEIN Z., 1997, « Cities and growth : theory and evidence from France and Japan », *Regional Science and Urban Economics*, n°27, pp. 443-474.
- ESPACE-TEMPS, 1979, *Région, enquête sur un concept au-dessus de tout soupçon*, n°10-11, Association Espace-Temps, Cachan, 125 p.
- EMSELLEM K., 2000, *Les petites villes dans le système de peuplement de l Roumanie* Thèse de Doctorat, Université de Paris I, 520 p.
- FERLAINO F., 1998, « La géographie administrative régionale : répartitions, sous-ensembles et réseaux territoriaux » in *Les découpages du territoire*, INSEE Méthodes, n°76-77-78, pp.175-188.
- FERRAS R., 1998, « La géographie régionale », in *Les concepts de la géographie humaine*, Bailly A. (ed.), A. Colin, 4^e éd., pp. 249-264.
- FERRAS R., 1997, « La région c'est vous », *Revue Géographique de Lyon*, vol. 72, n°3.
- FERRAS R., 1988, « Une approche régionale de l'Espagne », *Géopoint*, Université d'Avignon, pp 25-29.
- FEVRIER P.-A., BARRAL I., ALTET X., 1989, « Topographie chrétienne des cités de la Gaule des origines au milieu du VIII^{ème} siècle. VII », *Province ecclésiastique de Narbonne (Narbonensis prima)*, Paris, 75 p.
- FINKE G. (dir.), 2002, *Recherche opérationnelle et réseaux: méthodes d'analyse spatiale*, Paris, Hermès, 271 p.
- FLAMENT Cl., 1968, *Théorie des graphes et structures sociales*, Paris, Gauthier Villars.
- FLAMENT Cl., 1978, « Les polygraphes et l'étude des réseaux multiples », *Cahiers Méthodos*, pp. 1-16.
- FORER P., 1973, *Changes in the spatial structure of the New Zealand airline network*, PhD dissertation, University of Bristol.
- FOTSING E., CHEYLAN J.-P., DEGROOT W. T. et VERBRUG P., 2003, « Un dispositif régional et multi-échelle pour l'analyse des dynamiques agraires en zone des savanes d'Afrique Centrale avec des références à l'Extrême Nord du Cameroun », *Théoquant*, Besançon. <http://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/2003/03Buxeda.pdf>

- FRANCKHAUSER P., GILLON P., MOINE A., TANNIER C., 1996, « Vers une nouvelle approche pour simuler l'influence du comportement des agents sur l'évolution du tissu urbain » in *Régions et villes dans l'Europe de l'an 2000*, Berlin, Association de Science Régionale de Langue Française, 20 p.
- FRÉMONT A., 1976, *La région, espace vécu*, P.U.F., Paris, 223 p.
- FUJITA M., THISSE J.-F., 1997, « Économie géographique : problèmes anciens et nouvelles perspectives », *Annales d'Économie et de Statistique*, 45, pp. 37-87.
- GALLOIS L., 1908, *Régions naturelles et noms de pays*, Paris, A. Colin.
- GARMY P., 2002, « Villa-Vicus : une question d'espace ? », *Revue archéologique de Narbonnaise*, Editions de l'association pour la RAN, Montpellier, pp.27-37.
- GARMY P., KADDOURI L., ROZENBLAT C. et SCHNEIDER L., 2005, « Structures spatiales du peuplement antique dans la Cité de Luteva », *Hommage à Philippe Leveau*, Presses Universitaires d'Aix, Aix-en-Provence, 15 p. (à paraître)
- GARMY P., SCHNEIDER L., 1998, « Lodève et son territoire dans l'Antiquité et le Haut Moyen Âge », *Actes du IIe colloque européen « Cité et territoire »*, Béziers, 1997, Presses universitaires Franc-Comtoises/Les Belles Lettres, Paris, pp.223-241.
- GARMY P., PANOUILERS T., SCHNEIDER L. et FABRE G., 2004, « Mais où est donc Luteva ? ou géopolitique d'une capitale improbable », *Revue archéologique de Narbonnaise*, n°37.
- GATRELL A., 1983, *Distance and square. A geographical perspective*, Clarendon Press, Oxford, 195 p.
- GAY J.-C., 1995, *Les discontinuités spatiales*, Économica, Paris, 112 p.
- GEORGE P., 1970, *Les méthodes de la géographie*, Paris, PUF.
- GEORGE P., 1959, *Questions de géographie de la population*, INED, Paris, 34 p.
- GETIS A., BOOTS B., 1978, *Models of spatial processes. An approach to the study of point, line and area pattern*, Cambridge University Press, Cambridge, 198 p.
- GIBRAT R. 1931, *Les inégalités économiques*. Paris, Sirey.
- GILLON P., 1998, « Flux téléphoniques et polarisations urbaines » in *Données Urbaines*, n°2, Économica-Anthropos, Paris, pp. 353-364
- GOVAERT G., 1999, « Classification et modèle de mélange. Application aux données spatiales », *Revue Internationale de Géomatique*, n°4, pp. 457-470.
- G.E.D.L., Grand Encyclopédie Dictionnaire Larousse, 1982, 10 vol., Paris, Librairie Larousse.
- GRASLAND CL., 2000, *Analyse spatiale et modélisation des phénomènes géographiques. L'analyse des semis de points*, Cours, Université Paris 7.
<http://www.grasland.cicrp.jussieu.fr/grasland/go303/ch1/ch1.htm>

- GRASLAND Cl., 1998, « Les maillages territoriaux : niveaux d'observation ou niveaux d'organisation ? » in *Les découpages du territoire*, INSEE Méthodes, pp. 115-132.
- GRASLAND Cl., 1997, « L'analyse des discontinuités territoriales - l'exemple de la structure par âge des régions européennes vers 1980 », *L'Espace géographique*, n°4, pp. 309-326
- GRASLAND Cl., CATTAN N., 1994, *Dynamiques migratoires et recompositions territoriales en Tchécoslovaquie de 1960 à 1992*, CNRS-Équipe PARIS, 96p.
- GRAWITZ M., 2001, *Méthodes en sciences sociales*, Paris, Dalloz, 11^e éd., 1019 p.
- GRIGGS D., 1965, « The logic of regional system », *Annals of the Association American Geographers*, pp. 465-491
- GROUPE CHADULE, 1987, *Initiation aux pratiques statistiques en géographie*, Masson, Paris.
- GROUPE DUPONT, 1992, « Modèles et modélisation en géographie », *Géopoint*, Université d'Avignon, 247 p.
- GUERMOND Y., 1984, *L'analyse de système en géographie*, Lyon, Presses Universitaires de Lyon.
- GUÉNOCHE A., 2003, Partitions optimisées selon différents critères : évaluation et comparaison. Recherche opérationnelle et aide à la décision, Mathématiques et Sciences Humaines, n°161, pp. 41-58. <http://iml.univ-mrs.fr/editions/biblio/PartOpt.pdf>
- GUÉRIN-PACE Fr., 1995, « Rank-size distribution and the process of urban growth », *Urban Studies*, vol. 32, n°3, pp. 551-562.
- GUÉRIN-PACE Fr., 1993, *Deux siècles de croissance urbaine*, Paris, Anthropos, 205 p.
- GUÉRIN-PACE Fr., LESAGE X., 2001, « Le système urbain français. Les mesures de l'inégalité de distributions de type paretien », *Histoire et Mesure*, XVI-1/2, pp. 157-183.
- GUIGOU J.-L., 1996, « État, nation, territoire: la recomposition », *Futuribles. Analyse et prospective*, n°212, p21-34.
- GUIGOU J.-L., 1995, « Une ambition pour le territoire. Aménager l'espace et le temps », Paris, DATAR-Éditions de l'Aube, 136p.
- GUY M., DELFIEU R., 2003, « Un itinéraire direct de Condatomago (Millau) à Narbonne par la crête de l'Escandorgue », in *Peuples et territoires en Gaule Méditerranéenne. Hommage à Guy Barruol*, Bats M. et al., *Revue archéologique de Narbonnaise*, supplément 35, 506 p., pp.59-72.
- HAAG G., W. WEIDLICH, 1984, « A Stochastic Theory of Interregional Migration », *Geographical Analysis*, 16, pp. 331-357.
- HAGGETT P., 1965, *Locational Analysis in Human Geography*, Londres, Arnold, trad. française, *L'Analyse spatiale en géographie humaine*, Paris, A. Colin, 1973, 390p.
- HAGGETT P., CLIFF A., FREY A., 1977, *Locational Models*, E. Arnold, London, 605 p.
- HAKEN H., 1977, *Synergetics, an introduction*, Springer Ser, Synergetics.

- HANGOUE J.-F., 1998, *Approche et méthode pour l'automatisation de la généralisation cartographique ; application en bord de ville*, Thèse de Doctorat, Univ. Marne-la-Vallée – IGN, 350 p.
- HELLE C., PASSEQUÉ S., 1997, « Quelle localisation optimale pour une nouvelle médiathèque ? L'exemple du réseau de lecture publique dans la Drôme », *L'Espace géographique*, n°4, pp. 367-374.
- HODDER I., ORTON C., 1976, *Spatial analysis in archaeology, New studies in archaeology*, Cambridge University Press, Cambridge, 270 p.
- HUBERT J.-P., 1993, *La discontinuité critique : essai sur les principes à priori de la géographie humaine*, Publications de la Sorbonne, Paris, 221 p.
- HURIOT J.-M., PERREUR J., DEROGNAT I., 1994, « Espace et distance » in *Encyclopédie d'économie spatiale : concepts – comportements – organisations*, Auray J.-P. et al., Paris, Economica, pp. 35-46.
- HURIOT J.-M., PERREUR J. 1990, « Distances, espaces et représentations. Une revue », *Revue d'Économie Rurale et Urbaine*, n°2, pp. 197-237.
- HURIOT J.-M., THISSE J.-F., 1985, « La distance en analyse spatiale: une approche axiomatique », *Document de Travail*, n°77, Dijon, I.M.E.
- HURIOT J.-M., THISSE J.-F., SMITH T.E., 1989, « Minimum-cost distances in spatial analysis », *Geographical Analysis*, 21, n°4, pp.294-315.
- ISARD W., 1956, *Location and Space Economy*, M.I.T. Press, Cambridge Mass.
- JANELLE D.G., 1968, « Central place development in a time-space framework », *Professional Geographer*, n°59, pp. 5-10.
- JANELLE D.G., 1969, « Spatial Reorganization: A Model and a Concept », *Annals of the Association of American Geographers*, 59, 348-364.
- JAYET H., 1993, *Analyse spatiale quantitative. Une introduction*, Paris, Economica, 202 p.
- JEFFERSON M., 1939, « The law of the primate city », *Geographical Review*, 29, pp. 226-232.
- JOSSELIN D., LADIRAY D., 2002, « La Médiante : une nouvelle norme pour la statistique ? Construction, propriétés et applications en analyse spatiale », *Actes du colloque de la Société Francophone de Classification 2002*, Toulouse, 16-18 septembre 2002, pp. 225-229 <http://www.irit.fr/SFC2002/programme.phpPapier>
- JUILLARD E., 1968, *L'Europe Rhénane*, A. Colin, Paris.
- JUILLARD E., 1962, « La région, essai de définition », *Annales de Géographie*, 71, pp. 484-499.
- JUILLARD E., NONN H., 1976, « Espaces et régions en Europe occidentale », *Collection des ATP du CNRS*, n°10, 114 p.

- JULIEN Ph., 2000, « Mesurer un univers urbain en expansion », *Économie et Statistique*, n°336, pp. 3-33.
- KADDOURI L., 2000, « Une distribution urbaine comparée au modèle de Christaller : l'arc méditerranéen français, *NETCOM*, UGI - Univ. Montpellier III, vol. 14, n°3-4, pp. 415-424. http://alor.univ-montp3.fr/netcom_labs/volumes/articlesV14/Kaddouri.pdf
- KADDOURI L., 1997, *Les réseaux urbains régionaux et l'organisation régionale en Europe*, Montpellier, Univ. Paul Valéry, Mém. maîtrise, 90 p.
- KANSKY K. J., 1989, « Measures of network structure », *Flux*, CNRS-GDR 903 Réseaux, n°0, pp. 93-121.
- KANSKY K. J., 1963, *The structure of transportation networks*, University of Chicago Press, Chicago.
- KAUFMANN A., 1968, *Des points et des flèches. La théorie des graphes*, Dunod, Paris, 155 p.
- KAISER B., 1979, « L'analyse de système en géographie : procès ou diversion ? », *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, Paris, n°465, pp.357-367.
- KAYSER B. et al., 1990, *Géographie entre espace et développement*, P.U. du Mirail, Toulouse.
- KING L.J., 1969, *Statistical analysis in geography*, Englewoods Cliffs, Prentice-Hall, 288 p.
- KING L.J., 1962, « A quantitative expression of the pattern of urban settlements in selected areas of the United States », *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 53, pp. 1-7.
- KING L.J., 1961, « A multivariate analysis of the spacing of urban settlements in the United States », *Annals of the Association of American Geographers*, 51, pp. 222-33
- KING L.J., 1960, « A quantitative expression of the pattern of urban settlement », *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 51.
- KIPNIS B.A., 1985, « Graph analysis of metropolitan residential mobility : methodology and theoretical implication », *Urban Studies*, n°22, pp. 179-187.
- KHÖLER S., 1998, « Les zonages en Allemagne » in *Les zonages : enjeux et méthodes*, INSEE Méthodes, pp. 99-104.
- LACOUR C., PUISSANT S. (coord.), 1999, *La métropolisation. Croissance, Diversité, Fractures*, Economica-Anthropos, Paris, 190 p.
- LAJUGIE J., DELFAUD P., LACOUR Cl., 1979, *Espace régional et aménagement du territoire*, Paris, Dalloz, 884 p.
- LAMURE M., 1998, « Proximité(s), voisinage et distance », in *Approches multiformes de la proximité*, Bellet M., Kirat Th., LARGERON C. (coord.), Hermes, Paris, pp. 9-12.

- LARGERON C., AURAY J.-P., 1998, « Mesures ou voisinages : que choisir pour évaluer une proximité ? », in *Approches multiformes de la proximité*, Bellet M., Kirat Th., LARGERON C. M., Kirat Th., LARGERON C. (coord.), Hermes, Paris, pp.41-63.
- LAURENT L., 1998a, « Zones homogènes et zones polarisées » in *Les zonages : enjeux et méthodes*, INSEE Méthodes, n°83, 132 p., pp.43-53
- LAURENT L., 1998b, « Zonage » in *Les zonages : enjeux et méthodes*, INSEE Méthodes, n°83, 132 p., pp.67-74.
- LE BERRE Maryvonne, 1980, « Heur et malheur de la géographie régionale », T.I.G.R., n°41-42, pp. 3-19.
- LE GALES P., 2000, « L'autonomie régionale a-t-elle un avenir économique ? », entretien, *Le Monde Économie* (12/09/2000).
- LE GLÉAU J.-P., 1998, « Les différentes catégories de zonages » in *Les zonages : enjeux et méthodes*, INSEE Méthodes, n°83, pp.37-42.
- LE GLÉAU J.-P., PUMAIN D., SAINT-JULIEN Th., 1996, « Villes d'Europe : à chaque pays sa définition », *Économie et statistique*, n°294-295, pp. 9-23.
- L'HOSTIS A., 1997, *Images de synthèse pour l'Aménagement du territoire : la déformation de l'espace par les réseaux*, Thèse de Doctorat, Univ. Tours, 306 p.
- LE MOIGNE J.-L., 1984, *La théorie du système général, La théorie de la modélisation*, Paris, P.U.F.
- LESOURNE J., 1976, *Les systèmes du destin*, Paris, Dalloz, 449 p.
- LEUNG Y., 1984, « Towards a flexible framework for regionalization », *Environment and Planning A*, vol. 16, pp. 1613-1632.
- LEVEAU P., 1984, *Cæsarea de Mauritanie. Une ville romaine et ses campagnes*, Collection de l'Ecole française de Rome, Paris – Rome, IX, 556 p.
- LLOYD P.E., DICKEN P., 1978, *Location in Space. A theoretical approach to economic geography*, London, Harper & Row Ltd, 2^e éd., 474 p.
- LOSCH A., 1940, *The Economics of Location*, Yale University Press, New Haven, tr. par W.H. Woclam, W.F. Stolper, 1954.
- MALECKI M.J., 1980, « Growth and change in the analysis of rank-size distributions : empirical findings », *Environment and Planning*, vol.12, pp. 41-52.
- MARIE-ALEXANDRE L., THOMAS I., 1997, « Modèle d'interaction spatiale et agrégation des lieux. L'exemple des données criminelles », *L'espace géographique*, Doin, Paris, pp. 269-279.
- MARTIN J.-P., NONN H., 1980, « La notion d'intégration régionale », T.I.G.R., n° 41-42, pp. 33-46.
- MARTONNE E. (de), 1902, *La Valachie : essai de monographie géographique*, A. Colin, Paris, 387 p.

- MATHIS Philippe, 2003, « Puissance et insuffisances des graphes pour la description et la modélisation des réseaux » in *Graphes et réseaux. Modélisation multiniveau*, Mathis P. (dir), Lavoisier – Hermès, 361 p., pp.19-47.
- MATULA D.X., SOKAL R.R., 1980, « Properties of Gabriel graphs relevant to geographic variation research and the clustering of points in the plane », *Geographical analysis*, 12, pp.205-222.
- MAUREL M.-C., 1984, « Pour une géopolitique du territoire. L'étude du maillage polico-administratif », *Hérodote*, n°33-34, pp.131-143.
- MENERAULT P., 1994, Contribution à une analyse morphologique des réseaux viaires, Flux, CNRS, n°16, pp. 49-67.
- MOINDROT Cl., 1975, « La délimitation des aires d'influences métropolitaine par un modèle de gravité. Le centre-ouest de la France », *L'Espace géographique*, n°3, pp. 197-207.
- MORICONI-ÉBRARD Fr, 1998, « La loi de métropolisation : un modèle pour la croissance des systèmes urbains », *Revue de Géographie de Lyon – Geocarrefour*, vol.73, 1998-I, pp. 55-70
- MORICONI-ÉBRARD Fr., 1994, *Géopolis. Pour comprendre les villes du monde*, Paris, Anthropos, 246 p.
- MORICONI-ÉBRARD Fr., 1993, *L'urbanisation du monde depuis 1950*, Paris, Anthropos, 372 p.
- MORIN E., 1977, *La méthode*, Paris, Seuil.
- NADER G.A., 1981, « The delimitation of hierarchy of nodal regions by means of higher order factor analysis », *Regional Studies*, n°15, pp. 475-492.
- NONN H., 1998, « Région, nation », in *Les concepts de la géographie humaine*, Bailly A. et al., A. Colin, Paris, 4° éd., pp. 75-98.
- NYSTUEN J.D., DACEY M.F., 1961, « A Graph Theory Interpretation of Nodal Regions », *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, vol. 7, 1961, pp. 29-42.
- OFFNER J.-M., PUMAIN D. (dir.), 1996, *Réseaux et territoires : significations croisées*, Paris, Ed. de l'Aube, 286 p.
- OKABE A., SADAHIRO Y., 1996, « An illusion of spatial hierarchy: spatial hierarchy in a random configuration », *Environment and Planning*, n°9.
- OPENSHAW S., 1978, « An optimal zoning approach to the study of spatially aggregated data » in *Spatial representation and spatial interaction*, Masser I., Brown P. J.B. (eds.), Leiden/Boston, Martinus Nijhoff Social Sciences Division, pp. 95-113.
- OPENSHAW S., 1977. « A Geographical Solution to Scale and Aggregation Problems » in *Region-Building, Partitioning and Spatial Modeling*, Institute of British Geographers, Transactions, New Series, Vol. 2, No. 1, pp. 459-472.

- OPENSHAW S., 1984. « The Modifiable Areal Unit Problem. Concepts and Techniques » in *Modern Geography (CATMOG)*, No. 38, 40 p.
- OPENSHAW S., 1981, « Le problème de l'agrégation spatiale en géographie », *L'espace géographique*, n°1, pp. 15-24.
- OPENSHAW S., TAYLOR P.J., 1981. « The modifiable areal unit problem, in *Quantitative Geography: A British View*, Wrigley N., R.J. Bennett (eds.), Routledge, London.
- ORE O., 1970, *Les graphes et leurs applications*, Dunod, Paris, 144 p., trad. de « *Graphs and their uses* », New Mathematical Library, Random House, n°10, par C. Roux.
- OZOUF-MARIGNIER M.-V., ROBIC M.-C., 1995, « La France au seuil des temps nouveaux. Paul Vidal de la Blache et la régionalisation », *L'Information géographique*, n°2, A. Colin, Paris, pp. 46-56.
- PAELINCK J., 1994, « Découpage spatial et échelles territoriales », in *Encyclopédie d'économie spatiale*, Auray J.-P. et al. (dir.), Paris, Économica, pp. 93-98.
- PARLEBAS P., 1972, « Centralité et compacité d'un graphe », *Mathématiques et Sciences Humaines*, n° 39, pp5-26.
- PARR J.B., 1995, « The economic law of market areas: a further discussion », *Journal of Regional Science*, n°4, 599-615.
- PARR J.B., 1970, « Models of city size in an urban system », *The regional science association papers*, vol. 25, pp.221-253.
- PARR J.B., 1969, « City hierarchies and the distribution of city size : a reconsideration of Beckmann's contribution », *Journal of Regional Science*, vol. 9, n° 2, pp239-253.
- PARROCHIA D. (dir.), 2001, *Penser les réseaux*, Seyssel, Champ Vallon.
- PARROCHIA D., 1993, *Philosophie des réseaux*, Paris, P.U.F., 304 p.
- PEETERS D., THISSE J.-F., 2000, « The production-location problem revisited », *Papers in Regional Science*, n°2.
- PEETERS D., THOMAS I., 1997, « Distance L_p et localisations optimales. Simulations sur un semis aléatoire de points », *Cahiers Scientifiques du Transport*, n°31, pp. 55-70.
- PELLETIER J., DELFANTE C., 1997, *Villes et urbanismes dans le monde*, A. Colin, Paris, 3° éd..
- PERREUR J., 1989, « L'évolution des représentations de la distance et l'aménagement du territoire », *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°1, pp. 115-141.
- PHILBRICK A.K., 1957, «Principles of areal functional organization in regional human geography», *Economic Geography*, n°33.
- PIELOU E.C., 1969, *An Introduction to mathematical ecology*, New-York, John Wiley and Sons.

- PIQUANT M., 1999, « Pour une méthode de constitution d'entités fonctionnelles : l'exemple français », *Revue d'Économie Rurale et Urbaine*, n°4, pp. 851-874.
- PINCHEMEL G., PINCHEMEL P., 1998, *La face de la Terre : éléments de géographie*, A. Colin, Paris, 519 p.
- PINI G., 1995, « L'interaction spatiale » in *L'Encyclopédie de Géographie* Bailly A. et al., Economica, Paris, pp. 539-558.
- POLÈSE M., 1994, *Économie urbaine et régionale. Logique spatiale des mutations économiques*, Économica Association de Science Régionale, Paris, 400 p.
- PONSARD Claude, 1988, « Les espaces économiques flous », *Analyse économique spatiale*, Paris, PUF, pp. 355-390.
- PONSARD C., 1984, « La régionalisation floue de l'économie européenne », *Revue d'Économie Politique*, Paris, Dalloz, n°1, pp. 1-25.
- PONSARD C., 1983, *History of spatial economic analysis*, Berlin, Springer.
- PONSARD C., 1977, « Hiérarchies des lieux centraux et graphes flous », *Environment and Planning*, vol 9, pp. 1233-1252
- POULAIN M., 1981, *Contribution à l'analyse spatiale d'une matrice de migrations internes*, Louvain la Neuve, Cabay, 256p.
- PRED A., 1977, *City system in advanced Economies: Past Growth, Present Processes and Future Development Options*, New York, Wiley.
- PRED A., 1973, *Systems of cities and information flows*, *Lund Studies in Geography*, Serie B, 38.
- PRED A., 1971, *Large-city Interdependance and the Pre-electronic Diffusion of Innovations in the U.S.*, *Geographical Analysis*, 3, pp. 165-181.
- PUMAIN D., 1997, « Pour une théorie évolutive des villes », *L'Espace géographique*, n°2, pp 119-134.
- PUMAIN D., 1988, « Belle France, vos régions d'amour mourir me font... », *Géopoint*, Université d'Avignon, pp 31-33.
- PUMAIN D., 1982, *La dynamique des villes*, Paris, Economica, 231p.
- PUMAIN D., OFFNER J.-M., 1996, *Réseaux et territoires. Significations croisés*, La Tour d'Aigues, Ed. de l'Aube, 280 p.
- PUMAIN D., SAINT-JULIEN Th., 2001, *Les interactions spatiales*, Paris, Colin, 191 p.
- PUMAIN D., SAINT-JULIEN Th., 1997, *L'analyse spatiale*, Paris, Colin, 167 p.
- PUMAIN D., SAINT-JULIEN Th., CATTAN N., ROZENBLAT C., 1992, *Le concept statistique de la ville en Europe*, Luxembourg, EUROSTAT, 88 p.
- PUMAIN D., SAINT-JULIEN Th., 1978, *Les dimensions du changement urbain*, Paris, CNRS, 202 p.
- PUMAIN D., SANDERS L., SAINT-JULIEN Th., 1989, *Villes et auto-organisation*, Paris, Économica, 191 p.

- PUMAIN D., SANDERS L., MATHIAN H., GUERIN-PACE F., BURA, 1996, « Un outil de simulation des dynamiques urbaines: les systèmes multi-agents » in *Régions et villes dans l'Europe de l'an 2000*, Berlin, Association de Science Régionale de Langue Française, 27 p.
- RAFFESTIN Cl., 1979, *Pour une géographie du pouvoir*, LITEC, Paris, 249 p.
- RAFFESTIN Cl., 1974, Éléments pour une problématique des régions frontalières, *Espace Géographique*, 3, Doin, Paris, pp. 12-18.
- RAFFESTIN Cl., TRICOT C., 1979, « Concentration et connexité ou pour une approche du concept de territorialité », *Actes du colloque de l'A.S.R.D.L.F. : Modèles politiques de l'espace économique*, Fribourg, Éditions Universitaires Fribourg Suisse, pp. 181-195.
- RAJAONARISON D., 1999, « Une étude économétrique du déséquilibre des marchés régionaux du travail », *Revue d'Économie Rurale et Urbaine*, n°5, pp. 931-960.
- RASCALOU P., SCHNEIDER L., 2002, « L'agglomération des Aulas à Saint-Saturnin (Moyenne vallée de l'Hérault) » in *Les agglomérations gallo-romaines en Languedoc-Roussillon. Monographies d'Archéologie Méditerranéenne, I*, Fiches J.-L. (dir), Editions de l'Association pour le Développement de l'Archéologie en Languedoc-Roussillon, pp. 298-30
- REDJIMI Mounir, 2000, *De l'empire à l'état demiurge. La recomposition du territoire algérien (1830-1990)*, Thèse de doctorat, Univ. Montpellier 3, 589 p.
- REILLY W.J., 1931, *The law of Retail Gravitation*, New York.
- REITEL B., ZANDER P., PIERMAY J.-L., RENARD J.-P., *Villes et frontières*, Paris, Anthropos/Economica.
- RICHARDSON H.W., 1969, *Element of regional economics*, Penguin Books, London.
- RIPLEY B.D., 1981, *Spatial statistics*, J. Wiley and Sons, New-York, 252 p.
- RIPLEY, B. D., 1976, « Locally finite random sets: foundations for point process theory », *Annals of Probability*, 4, pp. 983-994.
- RIPLEY, B. D., 1977, « Modelling spatial patterns », *Journal of th Royal Statistical Society, B*, 39, pp. 172-212.
- ROBIC M.C., 1995, « Géographie et Histoire » in *l'Encyclopédie de Géographie*, Bailly A., Ferras R., Pumain D. (dir.), Paris, Economica, pp.75-89
- ROBIC M.C., 1982, « Cent ans avant Christaller, une théorie des lieux centraux », *L'Espace géographique*.
- ROLLAND MAY C., 1996, « Méthode de régionalisation d'espaces imprécis et incertains définis par des variables qualitatives », *Revue Géographique de l'Est*, n°3-4, pp. 213-242.
- ROLLAND MAY C., 1986, « La théorie des sous-ensembles flous et leur intérêt en géographie », *L'Espace géographique*, 4, pp. 42-50.

- ROSEN K.T., RESNICK M., 1980, « The size distribution of cities : an examination of the Pareto law and Primacy », *Journal of Urban Economics*, vol. 8, pp. 165-186.
- ROSNAY J. (de), 1975, *Le macroscope*, Paris, Seuil, 346 p.
- ROUGET B., 1973, « Graph theory and hierarchisation models », *Regional and urban economics*, 2, pp. 263-296.
- ROUGET B., 1971, « Modèles de gravitation et théorie des graphes », *collection de l'IME*, n°2, Dunod.
- ROUSSEAU R., 1994, « Reconnaissance de la structure de blocs d'un tableau de correspondance par la Classification Ascendante Hiérarchique », *Les Cahiers de l'Analyse des Données*, vol. XIX, n°3, pp 343-352, 1994.
- ROYOUX D., THESSON F., THOVISTE L., PIOLLE X., 1996, « Les réseaux de villes », *La lettre du cadre territorial*, coll. Dossiers d'experts.
- ROZENBLAT C., 1988, « La mise en réseau des villes européennes par les entreprises multinationales » in *Données Urbaines*, n°2, Economica-Anthropos, pp. 345-352
- ROZENBLAT C., 1995, « Tissu d'un semis de villes européennes », *Mappemonde*, 4.
- ROZENBLAT C., 1992, *Le réseau des entreprises multinationales dans le réseau des villes européennes*, Thèse de Doctorat, Université Paris I, 457 p.
- ROY Bernard, 1970, *Algèbre moderne et théorie des graphes*, Paris, Dunod, 2 tomes.
- SAINT-JULIEN Th., 1992, « Réseau, armature, système urbain. Glissement de sens, nouvelles questions, réécriture, L'information géographique, n°2, pp. 63-70.
- SANDERS L., 1992, *Systèmes de villes et synergétiques*, Economica-Anthropos, Paris, 274 p.
- SANDERS L., MATHIAN H., 1998, « Attraction urbaine et contexte d'urbanisation », in Pumain et Mattei (eds.), *Données Urbaines 2*, Anthropos, Paris, 397-409.
- SASSEN S., 1996, *La ville globale. New York, Londres, Tokyo*, Trad. de l'américain par Denis Armand, Paris, Editions Descartes & Compagnie, 530 p.
- SATCHELL 1976, « Les effets de la récréation sur l'écologie des paysages naturels », Conseil de l'Europe, *Collection sauvegarde de la nature*, n°11, 100 p.
- SAUSSURE F. (de), 1916, *Cours de linguistique générale*, éd. par Ch. Bally et A. Sechehaye.
- SCHERRER F., 1998, « Découper pour l'action : naissance et évolution des découpages liés à l'aménagement urbain » in *Les découpages du territoire*, INSEE Méthodes, n° 76-77-78, pp. 35-43.
- SCHULER M., 1998, « Les niveaux géographiques de la Suisse » in *Les zonages : enjeux et méthodes*, INSEE Méthodes, n83, pp.91-98.
- SEN A., SMITH T., 1995, *Gravity models of spatial interaction behaviour*, Berlin, Springer.

- SIMON Laurent, 2002, « De la plante à la couverture végétale : les limites des découpages » in *Limites et discontinuités en géographie*, Carroué L. et al., Paris, SEDES, pp. 141-150.
- SCHNEIDER L., GARCIA D., 1998, *Le Lodévois. Arrondissement de Lodève et communes d'Aniane, Cabrières, Lieuran-Cabrières, Péret. Carte archéologique de la Gaule*, 34/1, Académie des Inscriptions et Belles Lettres/Fondation Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 332p.
- STEWART C.T., 1958, « The size and spacing of cities », *Geographical Review*, 48, pp. 222-245.
- STRAND L., 1972, « A model for stand growth » *IUFRO Third Conference Advisory Group of Forest Statistician*, Paris, INRA, pp. 207-216.
- TAMMILEHTO-LIODE M., ROGSTADT L., BACKER L., 2000, « GRID data and aera delimitation by definition. Towards a better European territorial statistical system », *Conference of European Statisticians*, Neuchâtel, Switzerland, Working paper n°24, 9 p.
- TAYLOR P.J., 1977, *Quantitative Methods In Geography : An Introduction To Spatial Analysis*, Prospect Heights, Illinois : Wavelan Press.
- TERRIER Christophe, 1998, « Deux zonages de savoir » in *Les zonages : enjeux et méthodes*, INSEE Méthodes, n°83, 132 p., pp.51-53.
- TERRIER Christophe, 1989, Recherche d'un espace de référence pour l'économie régionale, d'un concept de territoire à un concept de réseau, RERU, n°3, p. 549-555.
- THENOZ M., 1981, « La pratique touristique estivale et son impact dans un espace protégé : le cas de la Vallouise dans le parc national des Ecrins », *Revue de Géographie de Lyon*, n°3, pp. 275-302.
- THÉRÉ Chr., SÉGUY I., 1998, « Huit siècles de découpages administratifs » in *Les zonages : enjeux et méthodes*, INSEE Méthodes, n°83, 132 p., pp. 17-34.
- THIBAULT S., 1991, « Fractals et structures des réseaux urbains d'assainissement eau fluviale », *Flux*, n°4, pp. 5-14.
- THIESSEN A.W., 1911, « Precipitation averages for large areas », *Monthly Weather Review*, 39, pp.1082-1084.
- THISSE J.F., 1997, « De l'indétermination des régions et de quelques inconvénients qui en résultent, *L'Espace géographique*, n°2, pp. 135-148.
- THISSE J.F., VAN YPERSELE T., 1999, « Métropoles et concurrence territoriale », *Économie et Statistique*, n°326-327, pp.19-30.
- THOMAS E.N., 1961, « Towards an Expanded Central Place Model », *Geographical Review*, 51, pp.400-411.
- THOMAS I., 1993, « Sensibilité du découpage spatial optimal des services d'urgences à la définition de la demande », *L'Espace géographique*, n°4, pp. 318-332.

- THOMAS I., 1983, « Amélioration du découpage géographique des agglomérations urbaines. Proposition d'une méthode simple d'agrégation », *L'Espace géographique*, n°, pp. 207-214.
- THÜNEN J. (von), 1826, *Der isolierte stadt in Beziehung auf Landwirtschaft und National-okomie*, Hambourg.
- TOMLIN C.D., 1990, *Geographic information systems and cartographic modelling*, N.J. USA, Prentice Hall.
- TRAN QUI Ph., 1978, *Les régions économiques floues*, Paris, Sirey, 159p.
- TRIBOULET P., LANGLET A., 1999, « Différenciation des espaces ruraux et insertion territoriale de l'agriculture. Réflexions méthodologiques à partir de travaux effectués en Midi-Pyrénées », *École-chercheur Économie spatiale et régionale. Application à l'agriculture, l'agro-alimentaire et l'espace rural*, Le Croisic, 21 p.
- UPTON G., FINGLETON B., 1985, *Spatial data analysis by example, vol. 1, Point Pattern and quantitative data*, Chichester, New-York, Wiley, 410 p.
- VANT A., 1998, « Proximités et géographies », in *Approches multiformes de la proximité* Bellet M., Kirat Th., Langeron C. (coord.), Hermes, Paris, pp.101-119
- VELTZ P., 1996, *Mondialisation, villes et territoires : l'économie d'archipel*, Paris, P.U.F., 262 p.
- VIDAL DE LA BLACHE P., 1921, *Principes de géographie humaine*, Paris, 347 p., 2^e éd., par de Martonne E..
- VIDAL DE LA BLACHE P., 1920, *La France de l'Est*, Paris, La Découverte, 285 p.
- VIDAL DE LA BLACHE P., 1917, *La France de l'Est (Lorraine-Alsace)*, Paris, A. Colin.
- VIDAL DE LA BLACHE P., 1910, *Les divisions fondamentales du sol français*, Le Bulletin littéraire, tome II.
- VIDAL DE LA BLACHE P., 1903, « Histoire de France depuis les origines jusqu'à la Révolution » in *Tableau de la Géographie de la France, L'Histoire de la France*, E. Lavis, Tome I, Paris, La Table ronde, 559 p.
- VIDAL DE LA BLACHE P., 1902, Les conditions géographiques des faits sociaux, *Annales de Géographie*, pp.13-23.
- VIDAL DE LA BLACHE P., 1889, « Régions françaises », *Revue de Paris*, pp. 821-842.
- VIGOUROUX M., BRUNET R., 1995, « Centralité et flux » in *Atlas de France : L'espace des villes*, Brunet R., Auriac F., vol. 12, La documentation française/Reclus.
- VOIRON Chr., 1997, « Formes, discontinuités et partitions de l'espace », *L'Espace géographique*, n°1, pp. 49-59.
- VOIRON Chr., 1995, *Analyse spatiale et analyse d'images*, GIP Reclus, Montpellier, 190 p.

- VOIRON Chr., 1993, *Espace, structures et dynamiques régionales. L'arc méditerranéen*, Thèse de docteur d'État, Univ. Nice, Revue de géographie du laboratoire d'analyse spatiale Raoul Blanchard, n°33-34.
- VOIRON Chr., 1989, « Les départements de France redessinés », *Mappemonde*, n°4, pp. 26-28.
- VORONOÏ G., 1907a, « Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie des formes quadratiques. Premier mémoire : Sur quelques propriétés des formes quadratiques parfaites », *J. Angew. Math.* Vol. 133, pp.97-178
- VORONOÏ G., 1907b, « Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie des formes quadratiques. Deuxième mémoire : recherches sur les paralléloédres primitifs », *J. Angew. Math.* Vol. 134, pp.167-171
- WEBER A., 1909, *Theory of the location of industries*, Chicago, University of Chicago Press.
- WEBER M.J., 1980, «A Theoretical Analysis of Aggregation in Spatial Interaction Models», *Geographical Analysis*, vol. 12, n° 2, Ohio State University Press, pp. 129-141.
- ZEITOUNI K., YEH L., 1999, « Le Data Mining Spatial et les bases de données spatiales », *Revue Internationale de Géomatique*, n°4, pp. 389-423.
- ZIPF G.K., 1949, *Human behavior and the principle of the least effort*, Addison Wesley Press, Cambridge, Mass.

Table des figures

Figure 1 : du découpage spatial à la régionalisation du territoire.....	51
Figure 2 : l'emboîtement des systèmes de villes.....	76
Figure 3 : « la hiérarchie des espaces topologiques, des espaces à métrique pauvre et des principaux espaces métriques » (L'hostis A., 1997).....	88
Figure 4 : modèles de répartitions spatiales d'un semis de points et valeur de la statistique R.....	90
Figure 5 : les mesures de proximité dans les 4 modèles de référence de répartition spatiale.....	94
Figure 6: les mesures de proximités dans un modèle de répartition par agrégats régulier triangulaire.....	96
Figure 7 : densités de voisinage dans les 4 modèles de référence de répartition spatiale.....	99
Figure 8: distributions rang-taille de systèmes de villes de référence.....	107
Figure 9 : courbe de Gini-Lorenz et distribution rang-taille selon le modèle hiérarchique de « la loi de Zipf ».....	108
Figure 10 : les variantes du modèle des lieux centraux de W. Christaller.....	111
Figure 11 : synthèse des modèles de référence d'homogénéité en terme d'espacements et de hiérarchies.....	112
Figure 12: une grille de Christaller à 4 niveaux dans un repère orthonormal.....	113
Figure 13 : un treillis associé au modèle de la loi de Zipf différent du modèle des lieux centraux.....	114
Figure 14: les mesures des voisinages et de proximités hiérarchisés dans le modèle des lieux centraux de W. Christaller à 4 niveaux (k=3).....	117
Figure 15 : les mises en réseaux de villes et leurs contraintes.....	122
Figure 16 : Basic assumption of line generating processes – Point and line sets (a) Joint. (b) Disjoint (d'après Getis A., Boots B., 1978, p.87).....	124
Figure 17 : graphe, graphe valué, graphe pondéré, graphe valué et pondéré.....	129
Figure 18 : des exemple de p-graphes.....	130
Figure 19 : arbre descendant, arbre ascendant.....	131
Figure 20 : représentation spatiale et a-spatiale d'un arbre.....	132
Figure 21 : formes remarquables de graphes.....	134
Figure 22 : types d'arbre hiérarchique.....	135
Figure 23 : les méthodes de mises en réseaux de villes selon les proximités et les voisinages.....	137
Figure 24 : mise en réseau des villes selon les plus proches voisinages.....	139
Figure 25 : mises en réseau de villes selon le voisinage.....	142
Figure 26 : les méthodes de mises en réseaux de villes selon les proximités, voisinages et tailles des villes.....	146
Figure 27 : Emboîtements d'échelles et de niveaux : un graphe de représentation.....	147
Figure 28 : les arbres des relations dans (a) la hiérarchie de W. Christaller et (b) la hiérarchie de Lösch – (c) Combinaison des deux hiérarchies avec relations entre les centres de niveau supérieur (d'après A. Pred, 1971).....	148
Figure 29 : les mises en réseaux de villes hiérarchiques de voisinages.....	150
Figure 30 : plus proche(s) voisin(s) supérieur(s) d'ordre 1, 2 et 3.....	153
Figure 31 : plus proche voisin 1, 2 et 3 fois supérieur.....	155
Figure 32 : les réseaux de complémentarité ou de concurrence : plus proche voisin de même niveau.....	157
Figure 33 : les réseaux de proximité selon une hiérarchie de niveau : les plus proches voisins de niveau supérieur.....	158
Figure 34 : le plus proche voisin de chaque niveau supérieur.....	160
Figure 35 : la distribution rang-taille des sites.....	188
Figure 36 : la fonction de déplacement des hommes à la marche à pied.....	195
Figure 37 : diagramme de distribution des valeurs du rapport de R.....	227
Figure 38 : distributions rang-taille de villes des Régions méditerranéennes.....	230
Figure 39 : distributions des indices de macrocéphalie et de primatie des Régions européennes.....	233
Figure 40 : les proximités dans les réseaux de Barcelona, Marseille et Firenze.....	253
Figure 41 : les voisinages dans les réseaux de Barcelona, Marseille et Firenze.....	255
Figure 42: les distributions rang-taille pour les réseaux de villes autour de Barcelone.....	261
Figure 43 : les proximités hiérarchisées dans les réseaux de Firenze, Barcelona et Marseille.....	265

<i>Figure 44 : tracés spatiaux et tracés hiérarchiques des réseaux de villes autour de Marseille, Barcelona et Firenze.....</i>	<i>267</i>
<i>Figure 45: la mise en réseau des villes sur le modèle de Christaller à 4 niveaux - $k=3$.....</i>	<i>271</i>
<i>Figure 46 : les arbres des relations hiérarchiques pour 3 périodes.....</i>	<i>279</i>

Table des cartes

<i>Carte 1 : Le territoire de Luteva pendant le Haut-Empire.....</i>	<i>183</i>
<i>Carte 2 : la répartition spatiale des sites</i>	<i>185</i>
<i>Carte 3 : la hiérarchie des sites</i>	<i>190</i>
<i>Carte 4 : Le Lodévois : relief et cours d'eau en 3D</i>	<i>193</i>
<i>Carte 5 : Les chemins menant à Lodève, Peyre-Plantade et Les Aulas.....</i>	<i>196</i>
<i>Carte 6 : tous les chemins calculés entre les sites.....</i>	<i>197</i>
<i>Carte 7 : les accessibilités aux sites sans contrainte.....</i>	<i>199</i>
<i>Carte 8 : les accessibilités aux sites.....</i>	<i>200</i>
<i>Carte 9 : l'accessibilité moyenne des sites.....</i>	<i>201</i>
<i>Carte 10 : les réseaux locaux d'habitats - méthode du plus proche voisin de classe supérieure.....</i>	<i>206</i>
<i>Carte 11 : Organisations hiérarchiques autour des têtes de réseaux.....</i>	<i>208</i>
<i>Carte 12 : les réseaux locaux selon le plus proche voisin de chaque niveau supérieur.....</i>	<i>210</i>
<i>Carte 13 : fonction et potentiels d'échanges entre les sites.....</i>	<i>213</i>
<i>Carte 14 : le semis des villes européennes en 1990</i>	<i>222</i>
<i>Carte 15 : les Régions administratives européennes, Nuts 2.....</i>	<i>224</i>
<i>Carte 16 : les espacements moyens entre les villes dans les Régions européennes.....</i>	<i>226</i>
<i>Carte 17 : le rapport R dans les Régions européennes</i>	<i>228</i>
<i>Carte 18 : les villes dans les Régions administratives méditerranéennes</i>	<i>229</i>
<i>Carte 19 : macrocéphalie des Régions européennes.....</i>	<i>234</i>
<i>Carte 20 : les réseaux européens de voisinages.....</i>	<i>238</i>
<i>Carte 21 : les plus proches voisins d'ordre 1, 2, 3 et 6.....</i>	<i>240</i>
<i>Carte 22 : la mise en réseaux des villes européennes selon la méthode du plus proche voisin supérieur ..</i>	<i>242</i>
<i>Carte 23 : la mise en réseaux des villes européennes selon la méthode du plus proche voisin de niveau supérieur.....</i>	<i>244</i>
<i>Carte 24 : les réseaux de proximités hiérarchisés méditerranéens (selon le plus proche voisin supérieur).....</i>	<i>247</i>
<i>Carte 25 : les réseaux de proximités hiérarchisés méditerranéens (selon le plus proche voisin de niveau supérieur)</i>	<i>247</i>
<i>Carte 26 : comparaison des distributions spatiales régionales à des distributions théoriques selon le modèle des lieux centraux de W. Christaller (plus proche voisin supérieur).....</i>	<i>270</i>
<i>Carte 27: comparaison des distributions spatiales régionales à des distributions théoriques selon le modèle des lieux centraux de W. Christaller (plus proche voisin de niveau supérieur)</i>	<i>270</i>
<i>Carte 28 : les 64 réseaux européens</i>	<i>273</i>

Table des tableaux

Tableau 1 : les qualificatifs des régions	40
Tableau 2 : les zonages d'après J.-P. Le Gléau	52
Tableau 3 : la prise en compte des espacements dans des modèles spatiaux de référence (Cicéri M.-F. et al., 1977)	71
Tableau 4 : propriétés des formes appauvries de métriques (L'Hostis A., 1997)	87
Tableau 5 : vocabulaire de base de la théorie des graphes : propriétés, caractéristiques et indices	128
Tableau 6 : synthèse des méthodes de mises en réseaux	170
Tableau 7 : les sites archéologiques	184
Tableau 8 : la hiérarchie des sites de la Cité	189
Tableau 9 : équations et indices des droites d'ajustement des distributions rang-taille des systèmes de villes régionaux européens	232
Tableau 10: les compositions urbaines des sous-systèmes théoriques de villes méditerranéennes	246
Tableau 11 : les distances observées dans les réseaux méditerranéens	250
Tableau 12 : compositions et indices de primatie et de macrocéphalie des réseaux méditerranéens	258
Tableau 13: équations et indices des droites d'ajustement des distributions rang-taille des sous-systèmes théoriques de villes méditerranéennes	262
Tableau 14 : les rapports moyens de tailles spatialisés dans les réseaux de villes méditerranéens	266
Tableau 15 : tableau de synthèse des méthodes de mise en réseaux des villes	277

Table des encadrés

Encadré 1 : le zonage en aire urbaine de l'INSEE (1998)	56
---	----

Résumé

La régionalisation est autant un processus spatial qu'un processus territorial. Elle est spatiale parce qu'elle se réalise sur des structures spatiales héritées tout en les mettant en œuvre. Nous avons voulu mettre en perspective dans le processus ou les volontés de régionalisation, le système formé des notions de *territoires*, de *villes* et de *réseaux*.

Aussi, nous proposons de définir des territoires autour de réseaux de villes qui donnent à penser les régionalisations souhaitables ou souhaitées à partir des propriétés des territoires et de leur organisation par la représentation des interactions spatiales entre les villes. Sont alors créés des réseaux de villes autour desquels la régionalisation des territoires serait possible.

Les mises en réseaux de villes se basent sur le corpus conceptuel et théorique du fonctionnement et des propriétés des systèmes de villes, et tiennent compte des caractéristiques du système de villes étudié à travers les critères de la taille des villes et de leur localisation. Ces seuls critères déterminent les espacements entre les villes et leur position dans la hiérarchie de niveaux dans le système, ce qui intègre et révèle les structures spatiales sous-jacentes ou locales.

Sont alors définies deux catégories de réseaux de villes :

- les *réseaux de villes de proximité et de voisinage*, sur des contraintes d'espacement entre les villes ;
- les *réseaux de villes hiérarchisés*, sur des contraintes de taille des villes et de principes d'emboîtement de structures hiérarchiques (type administratif, à la hiérarchie stricte, ou type principe de marché, à la hiérarchie non stricte).

La formalisation et les représentations des mises en réseaux de villes sont réalisées par la théorie des graphes qui permet une modélisation aisée des organisations hiérarchiques, en particulier des emboîtements de niveaux, par un de ses sous-ensembles, les arbres.

La mise en place de ces méthodes et l'évaluation des performances des régionalisations qu'elles engendrent se fait sur deux exemples à problématiques et échelles différentes. La première application montre une approche spatiale en archéologie pour aider à dégager les principales structures d'un système de peuplement d'un territoire autour de la Cité antique de *Luteva* (Lodève, Hérault, France) durant la période du Haut-Empire (I^{er} siècle ap. J.-C. – III^e siècle ap. J.-C.). La seconde application consiste à définir un arc méditerranéen théorique à partir du système de villes européennes sans maillage administratif.

Mots-Clés

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. Systèmes de villes | 2. Régionalisation |
| 3. Structures spatiales | 4. Interaction spatiale |
| 5. Réseaux de villes | 6. Théorie des graphes |
| 7. Archéologie Spatiale | 8. SIG |

Discipline (section CNU)

23^e : Géographie

24^e : Aménagement de l'espace, urbanisme

Adresse du laboratoire

UMR 6012 ESPACE
17 rue de l'Abbé de l'Épée
34090 Montpellier

Abstract

Regionalization is a spatial process as much as a territorial process. It is spatial because it is materialized on inherited spatial structures. We wanted to put in prospect, in the process or the wills of regionalization, the system formed with the concepts of *territories*, *cities* and *networks*.

Also, we propose to define territories around urban networks which give rise to think the regionalizations desirable or desired starting from the properties of the territories and their organization by representing spatial interactions between the cities. Urban networks are created around whose the regionalization of the territories would be possible.

The urban networking is basing on the conceptual and theoretical corpus operation and properties of the systems of cities, and hold account of the characteristics of the system of cities studied through the criteria of the size of the cities and of their localization. These only criteria determine spacing between the cities and their position in the hierarchy of levels in the system, which integrates and reveals the subjacent or local spatial structures.

Two categories of urban networks are defined:

- the urban networks of proximity and vicinity, based on constraints of spacing;
- the hierarchical urban networks, based on constraints of size of the cities and principles of fitment of hierarchical structures (an administrative principle, with a strict hierarchy, or a market principle, with a non-strict hierarchy).

The formalization and the representations of the urban networking are materialized by the graph theory which allows an easy modelling of the hierarchical organizations, in particular of fitments of levels, by one of its subsets, the trees.

These methods and the performance evaluation of regionalizations which they generate make on two examples with different problematical and scales. The first application shows a spatial approach in archaeology to help to release the principal structures of a settlement system of a territory around the ancient City of *Luteva* (Lodève, Hérault, France) during the Haut-Empire period (1st century to 3rd century after J.-C.). The second application consists in defining a theoretical Mediterranean arc starting from the system of European cities without administrative grid.

Keywords

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. Systems of cities | 2. Regionalization |
| 3. Spatial Structures | 4. Spatial Interaction |
| 5. Urban Network | 6. Graph Theory |
| 7. Spatial Archaeology | 8. GIS |

Discipline (CNU section)

23^e : Géographie

24^e : Aménagement de l'espace, urbanisme

Laboratory adress

UMR 6012 ESPACE
17 rue de l'Abbé de l'Épée
34090 Montpellier - France