

# Table des matières

|                                                                                                  |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Introduction</b> . . . . .                                                                    | 1      |
| Céline VACCHIANI-MARCUZZO et Denise PUMAIN                                                       |        |
| <br><b>Partie 1. Des lois simples pour construire la science<br/>des villes</b> . . . . .        | <br>9  |
| <br><b>Chapitre 1. Les lois d'échelle dans la dynamique<br/>des systèmes complexes</b> . . . . . | <br>11 |
| Denise PUMAIN                                                                                    |        |
| 1.1. Lois d'échelle : définition et interprétations. . . . .                                     | 11     |
| 1.1.1. Définition des lois d'échelle. . . . .                                                    | 13     |
| 1.1.2. Interprétations issues de la physique statistique . . . . .                               | 16     |
| 1.1.3. Interprétations intégrant des théories des sciences<br>de la société . . . . .            | 17     |
| 1.2. Une synthèse difficile. . . . .                                                             | 21     |
| 1.3. Applications des lois d'échelle . . . . .                                                   | 24     |
| 1.3.1. Lois d'échelle et morphologie urbaine . . . . .                                           | 25     |
| 1.3.2. Lois d'échelle et typologie sociale et fonctionnelle des villes . . .                     | 26     |
| 1.3.3. Lois d'échelle et zones d'influence des villes . . . . .                                  | 27     |
| 1.3.4. Lois d'échelle et degré de développement . . . . .                                        | 28     |
| 1.3.5. Lois d'échelle et renormalisation. . . . .                                                | 28     |
| 1.4. Lois d'échelle : des enjeux pour les politiques urbaines. . . . .                           | 29     |
| 1.4.1. Promouvoir une répartition équitable des services urbains. . . . .                        | 29     |
| 1.4.2. Productivité et taille des villes . . . . .                                               | 30     |
| 1.4.3. Grandes et petites villes dans la transition écologique . . . . .                         | 31     |
| 1.5. Conclusion . . . . .                                                                        | 32     |
| 1.6. Bibliographie. . . . .                                                                      | 34     |

## Chapitre 2. Une approche épistémologique et critique des lois d'échelle urbaines . . . . . 43

Cécile TANNIER et Denise PUMAIN

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Introduction. . . . .                                                                                            | 44 |
| 2.2. Notion d'échelle en géographie urbaine . . . . .                                                                 | 44 |
| 2.2.1. L'échelle comme dimension des objets géographiques<br>observés et construits . . . . .                         | 45 |
| 2.2.2. L'échelle comme niveau d'organisation dans l'espace<br>des sociétés . . . . .                                  | 48 |
| 2.3. Invariance d'échelle de la distribution rang-taille des villes<br>et des systèmes de lieux centraux . . . . .    | 54 |
| 2.3.1. Distribution rang-taille des villes : une loi d'échelle<br>comme les autres ? . . . . .                        | 55 |
| 2.3.2. Systèmes de lieux centraux et leur possible invariance<br>d'échelle . . . . .                                  | 59 |
| 2.3.3. Tentatives pour rendre compatibles la loi rang-taille<br>des villes et la théorie des lieux centraux . . . . . | 62 |
| 2.4. Lois d'échelle : des difficultés théoriques . . . . .                                                            | 64 |
| 2.4.1. Passage du transversal au longitudinal et la question<br>de l'ergodicité. . . . .                              | 64 |
| 2.4.2. Lois d'échelle encore mal intégrées dans les spatialités<br>et les temporalités urbaines . . . . .             | 68 |
| 2.5. Questions pratiques encore non résolues. . . . .                                                                 | 69 |
| 2.5.1. Incertitudes liées à la définition et à la délimitation des villes. . .                                        | 70 |
| 2.5.2. Incertitudes liées aux méthodes d'estimation statistique . . . . .                                             | 71 |
| 2.6. Conclusion . . . . .                                                                                             | 71 |
| 2.7. Bibliographie. . . . .                                                                                           | 73 |

## Chapitre 3. Modèles génératifs de systèmes de villes hiérarchisés : action des individus et des entreprises . . . . . 85

Cécile TANNIER

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Introduction. . . . .                                                                                                      | 85 |
| 3.2. Processus explicatifs de la hiérarchisation des systèmes de villes. . .                                                    | 87 |
| 3.3. Processus d'agglomération et de compétition intra-urbains<br>explicatifs des hiérarchies interurbaines. . . . .            | 89 |
| 3.4. Hiérarchies interurbaines expliquées par l'intensité et la diversité<br>des interactions sociales intra-urbaines . . . . . | 90 |
| 3.4.1. Modèles de la <i>settlement scaling theory</i> . . . . .                                                                 | 91 |
| 3.4.2. Modèles intégrant la diversité de l'activité économique<br>et sociale intra-urbaine. . . . .                             | 96 |

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5. Hiérarchie des villes et lois d'échelle urbaines résultant de mobilités,<br>de migrations ou d'interactions interurbaines individuelles . . . . . | 98  |
| 3.5.1. Modèles de lieux centraux. . . . .                                                                                                              | 98  |
| 3.5.2. Modèles de la nouvelle économie géographique. . . . .                                                                                           | 100 |
| 3.5.3. Modèle d'Altman . . . . .                                                                                                                       | 104 |
| 3.6. Propriétés des structures et des dynamiques modélisées . . . . .                                                                                  | 106 |
| 3.6.1. Rôle fondamental de l'espace : un aspect<br>plus ou moins présent dans les modèles. . . . .                                                     | 107 |
| 3.6.2. Absence de processus historiques (évolutionnaires)<br>et d'interactions entre niveaux dans les modèles . . . . .                                | 113 |
| 3.7. Conclusion . . . . .                                                                                                                              | 117 |
| 3.8. Bibliographie. . . . .                                                                                                                            | 118 |

## **Chapitre 4. Modéliser les interactions entre les villes**

### **pour simuler des hiérarchies urbaines . . . . . 129**

Cécile TANNIER

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1. Introduction. . . . .                                                                               | 129 |
| 4.2. Trois catégories de processus à l'œuvre dans le fonctionnement<br>des villes en système . . . . .   | 131 |
| 4.2.1. Interactions spatiales entre les villes. . . . .                                                  | 131 |
| 4.2.2. Spécialisation fonctionnelle des villes et division spatiale<br>du travail . . . . .              | 132 |
| 4.2.3. Diffusion hiérarchique des innovations . . . . .                                                  | 135 |
| 4.2.4. Théorie évolutive des villes . . . . .                                                            | 136 |
| 4.3. Modèles . . . . .                                                                                   | 138 |
| 4.3.1. Modèles dits « parcimonieux » . . . . .                                                           | 139 |
| 4.3.2. Modèles plus proches des concepts et des théories<br>explicatives des sciences sociales . . . . . | 146 |
| 4.3.3. Modèles plus complexes, intégrant de nombreux<br>processus observés empiriquement . . . . .       | 153 |
| 4.4. Composantes de la dynamique des modèles. . . . .                                                    | 165 |
| 4.4.1. Rôle de l'espace dans les modèles . . . . .                                                       | 166 |
| 4.4.2. Prise en compte des évolutions démographiques<br>et économiques . . . . .                         | 167 |
| 4.4.3. Rôle de la diversité et de la diversification fonctionnelle<br>des villes . . . . .               | 169 |
| 4.5. Conclusion . . . . .                                                                                | 171 |
| 4.6. Bibliographie. . . . .                                                                              | 172 |

## **Partie 2. Des lois universelles d'observation pour comparer des systèmes de villes . . . . . 183**

### **Chapitre 5. Fonctions urbaines et lois d'échelle : Afrique du Sud, États-Unis, France . . . . . 185** Céline VACCHIANI-MARCUZZO et Fabien PAULUS

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. Lois d'échelle à l'épreuve : une analyse croisée entre Afrique du Sud, France et États-Unis . . . . . | 186 |
| 5.2. Système de villes hybride entre pays neufs et pays en développement . . . . .                         | 187 |
| 5.3. Lois d'échelle pour les secteurs économiques . . . . .                                                | 189 |
| 5.4. Exploration des catégories sociales . . . . .                                                         | 196 |
| 5.5. Conclusion . . . . .                                                                                  | 204 |
| 5.6. Bibliographie . . . . .                                                                               | 205 |

### **Chapitre 6. Lois d'échelle et dynamiques d'intégration des villes de l'Union européenne . . . . . 209** Olivier FINANCE et Denise PUMAIN

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1. Lois d'échelle et diffusion des innovations . . . . .                              | 211 |
| 6.1.1. Croissance ou décroissance urbaine et diffusion des innovations . . . . .        | 211 |
| 6.1.2. Lois d'échelle et étapes dans la diffusion des vagues d'innovations . . . . .    | 217 |
| 6.2. Flux d'investissement étrangers dans les métropoles européennes . . . . .          | 218 |
| 6.2.1. Sélectivité quantitative des nouveaux investissements et des emplois . . . . .   | 219 |
| 6.2.2. Variations des lois d'échelle selon les secteurs d'activité des villes . . . . . | 222 |
| 6.2.3. Origine des investissements . . . . .                                            | 224 |
| 6.3. Lois d'échelle et indicateurs de métropolisation . . . . .                         | 225 |
| 6.4. Conclusion . . . . .                                                               | 227 |
| 6.5. Bibliographie . . . . .                                                            | 227 |

### **Chapitre 7. L'intégration des villes dans la mondialisation de 2010 à 2022 au prisme des lois d'échelle . . . . . 233** Céline ROZENBLAT

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1. Comprendre les lois d'échelle des villes dans les réseaux d'entreprises multinationales . . . . . | 234 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1.1. Intégration de systèmes de villes dans les réseaux<br>multisectoriels d'entreprises . . . . .                                                      | 235 |
| 7.1.2. Villes et groupes d'entreprises en réseau . . . . .                                                                                                | 235 |
| 7.1.3. Villes dans des réseaux de différentes portées<br>géographiques . . . . .                                                                          | 236 |
| 7.1.4. Hiérarchie des villes et lois d'échelle . . . . .                                                                                                  | 237 |
| 7.2. Apport des lois d'échelle à la compréhension des processus<br>d'intégration des villes dans les réseaux des entreprises<br>multinationales . . . . . | 241 |
| 7.3. Base de données fiable et méthodologie rigoureuse . . . . .                                                                                          | 242 |
| 7.3.1. Réseaux de filiation d'entreprises . . . . .                                                                                                       | 243 |
| 7.3.2. Villes comparables définies comme des grandes régions<br>urbaines (LUR) . . . . .                                                                  | 244 |
| 7.3.3. Construction des données par ville (LUR) . . . . .                                                                                                 | 246 |
| 7.3.4. Nombre d'établissements comme mesure de la taille<br>des villes pour calculer les lois d'échelle selon les réseaux<br>des entreprises. . . . .     | 250 |
| 7.3.5. Hiérarchies des villes selon leur concentration<br>d'entreprises . . . . .                                                                         | 251 |
| 7.4. Lois d'échelle des villes selon les réseaux<br>des entreprises multinationales . . . . .                                                             | 253 |
| 7.4.1. Lois d'échelle des villes au niveau mondial pour les liens<br>d'entreprises multinationales et pour leurs orientations . . . . .                   | 253 |
| 7.4.2. Lois d'échelle des villes par portée des liens<br>d'entreprises multinationales au niveau mondial . . . . .                                        | 255 |
| 7.4.3. Lois d'échelle des villes par portée de liens<br>d'entreprises multinationales au niveau continental . . . . .                                     | 256 |
| 7.4.4. Lois d'échelle des villes selon leurs liens<br>d'entreprises multinationales par activité. . . . .                                                 | 257 |
| 7.5. Propriétés des réseaux dans les systèmes urbains révélées<br>par les lois d'échelle . . . . .                                                        | 261 |
| 7.5.1. Force des liens locaux . . . . .                                                                                                                   | 261 |
| 7.5.2. Avantage de variété. . . . .                                                                                                                       | 262 |
| 7.5.3. Concentration du pouvoir . . . . .                                                                                                                 | 264 |
| 7.5.4. Régimes différenciés entre centre et périphérie ? . . . . .                                                                                        | 264 |
| 7.5.5. Lois d'échelle révélatrices de la diffusion des avantages<br>de concentration des entreprises dans les villes . . . . .                            | 266 |
| 7.6. Conclusion . . . . .                                                                                                                                 | 267 |
| 7.7. Bibliographie . . . . .                                                                                                                              | 268 |

## Partie 3. Des lois pour questionner la forme des villes . . . . . 273

### Chapitre 8. Lois d'échelle radiales intra-urbaines . . . . . 275

Justin DELLOYE, Estelle MENNICKEN, Paul KILGARRIFF, Rémi LEMOY  
et Geoffrey CARUSO

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1. Introduction . . . . .                                    | 275 |
| 8.2. Littérature et définitions . . . . .                      | 277 |
| 8.3. Approche radiale : concept et mesures empiriques. . . . . | 279 |
| 8.4. Résultats. . . . .                                        | 283 |
| 8.5. Discussion et conclusion . . . . .                        | 288 |
| 8.6. Bibliographie. . . . .                                    | 289 |

### Chapitre 9. Essai de définition de systèmes de villes multiscales en France . . . . . 293

Florent LE NÉCHET, Benoit CONTI et Sylvestre DUROUDIER

|                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.1. Introduction. . . . .                                                                                                                | 293 |
| 9.2. Dynamiques de mobilités et lectures fonctionnelles<br>des espaces urbanisés. . . . .                                                 | 295 |
| 9.2.1. Aires fonctionnelles parfois en perte de cohérence . . . . .                                                                       | 295 |
| 9.2.2. Quelles grilles de lecture des relations quotidiennes<br>entre villes ? . . . . .                                                  | 298 |
| 9.2.3. Défi de l'analyse multiscale du fonctionnement<br>des espaces urbains. . . . .                                                     | 298 |
| 9.3. Proposition d'une méthode originale pour analyser l'existence<br>de systèmes urbains « multiscales » . . . . .                       | 300 |
| 9.3.1. Choix d'un algorithme paramétrique à visée exploratoire . . . . .                                                                  | 300 |
| 9.3.2. Description de la première itération et des sorties<br>de l'algorithme . . . . .                                                   | 301 |
| 9.3.3. Deux exemples de construction des systèmes urbains<br>primitifs et consolidés . . . . .                                            | 303 |
| 9.3.4. Caractérisation de la diversité des formes d'organisation<br>et des degrés de multiscale des systèmes urbains consolidés . . . . . | 305 |
| 9.4. Diversité de l'organisation spatiale des systèmes urbains en France . .                                                              | 307 |
| 9.4.1. Analyse nationale du rôle du paramètre $\alpha$ dans la construction<br>des systèmes urbains consolidés . . . . .                  | 307 |
| 9.4.2. Systèmes urbains consolidés (SUC) aux systèmes urbains<br>consolidés multiscales (SUCM). . . . .                                   | 311 |
| 9.4.3. Essai de typologie des systèmes urbains consolidés<br>multiscales (SUCM) pour $\alpha = 4 \%$ . . . . .                            | 313 |

---

|                                                                                                                  |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 9.4.4. Analyse de la multiscalarité par l'organisation morphologique<br>des 24 SUCM ( $\alpha = 4\%$ ) . . . . . | 316     |
| 9.4.5. Typologie de la multiscalarité des villes à partir<br>de leur évolution au sein de l'algorithme . . . . . | 319     |
| 9.5. Conclusion . . . . .                                                                                        | 323     |
| 9.6. Bibliographie. . . . .                                                                                      | 324     |
| <br><b>Conclusion. Quelle place pour les lois d'échelle<br/>dans l'avenir des villes ? . . . . .</b>             | <br>329 |
| Céline VACCHIANI-MARCUZZO et Denise PUMAIN                                                                       |         |
| <br><b>Liste des auteurs. . . . .</b>                                                                            | <br>343 |
| <br><b>Index . . . . .</b>                                                                                       | <br>345 |