

Traduction des opérations de l'analyse historique dans le langage conceptuel des systèmes d'information géographique pour une exploration des processus morphologiques de la ville et du territoire

THÈSE N° 4322 (2009)

PRÉSENTÉE LE 30 MARS 2009

À LA FACULTÉ ENVIRONNEMENT NATUREL, ARCHITECTURAL ET CONSTRUIT
LABORATOIRE DE SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE
PROGRAMME DOCTORAL EN ENVIRONNEMENT

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

Eduardo CAMACHO-HÜBNER

acceptée sur proposition du jury:

Prof. M. Schuler, président du jury
Prof. F. Golay, Prof. S. Malfroy, directeurs de thèse
Prof. J. Lévy, rapporteur
Prof. J.-L. Pinol, rapporteur
Prof. R. Weibel, rapporteur



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Suisse
2009

Regards réciproques.

À ma sœur Carmen Elisa, qui m'a appris, dès ma naissance, à aimer et à respecter
la diversité absolue dans la perception de toute chose.

À Agnès, dont les yeux d'étoile sont le miroir de mon âme.

À mon fils Gabriel, pour qui je suis devenu l'altérité en me plaçant, dès sa
naissance, à la périphérie de ma propre perception du monde.

À ma fille Mathilde, deuxième petit big bang de ma galaxie en perpétuel
mouvement.

Résumé

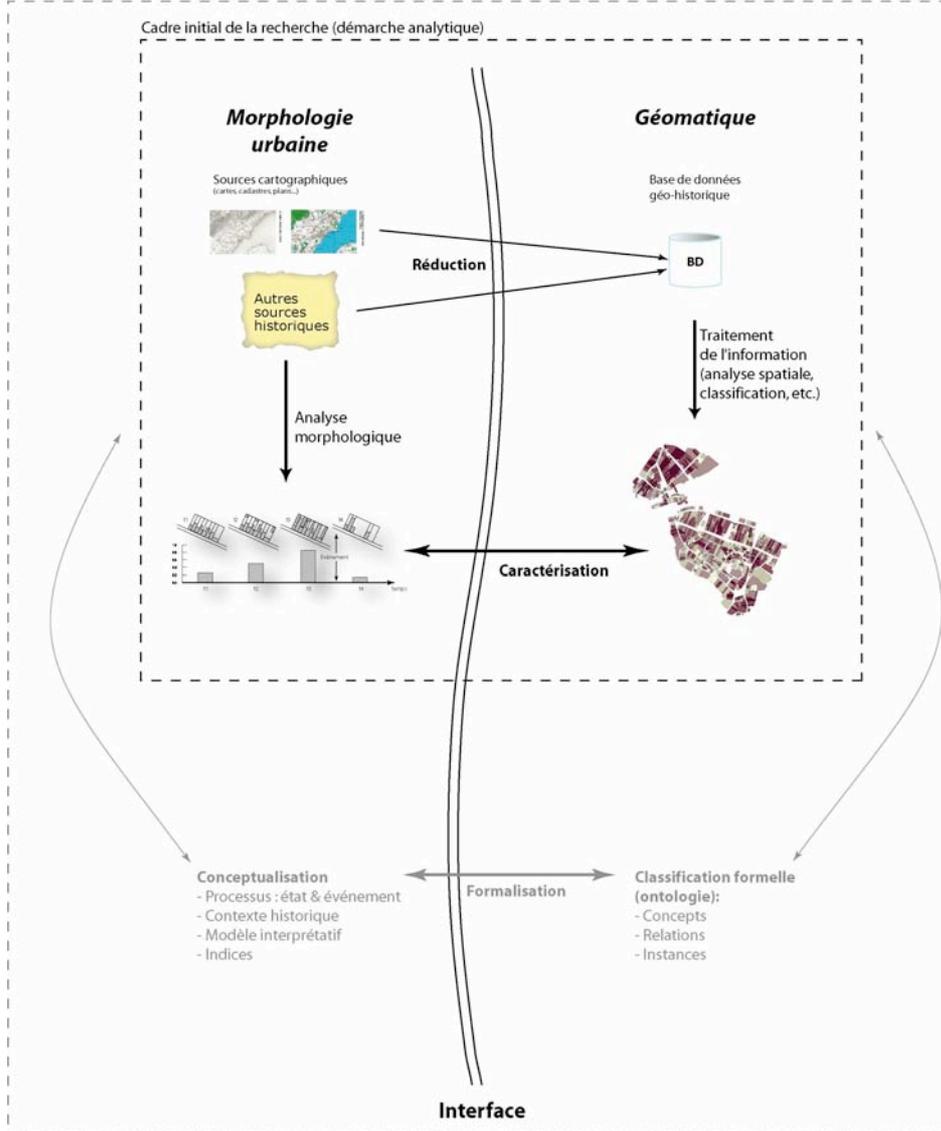
Dès le départ, la motivation principale de ce projet de thèse a été la conception d'une interface entre la morphologie urbaine et la géomatique. Cette interface est considérée avant tout comme un espace d'exploration et d'échange entre plusieurs disciplines qui, par leurs interrelations, offrent un cadre à la formalisation des processus morphologiques largement étudiés par le passé.

En concentrant notre attention sur la notion centrale de processus morphologique, nous avons explicité les différentes étapes du processus de traduction des opérations propres à l'analyse historique, notamment celles concernant le traitement des sources cartographiques, dans le langage conceptuel des systèmes d'information géographique (SIG). Nous avons rencontré une série de difficultés liées à l'hétérogénéité de l'information à caractère historique comme, par exemple : les jeux de données partiels, la représentativité statistique, ou encore la relativité sémantique des concepts en jeu à travers l'histoire (polysémie, synonymie, etc.). Dès lors, nous avons orienté notre recherche davantage vers le champ du processus informationnel, c'est-à-dire vers les mécanismes de production de la connaissance à partir des données quantitatives et, symétriquement, ceux de formalisation des concepts morphologiques, dans le but de pouvoir structurer les données nécessaires à leur caractérisation.

Notre travail a donc avant tout consisté à explorer l'apport des SIG au traitement et à l'analyse des données historiques. Nous nous sommes intéressés en particulier à l'apport de l'approche systématique et structurée pour compléter le potentiel interprétatif et descriptif des analyses morphologiques.

Les principales contributions de notre travail de thèse sont de différentes natures. Nous pouvons plus particulièrement mentionner la construction d'une classification formelle des concepts liés à l'évolution de la ville et du territoire (ontologie), ainsi que le développement d'une démarche exploratoire des données géographiques à des fins d'analyse morphologique. De même, l'application de certains paradigmes des sciences sociales (sociologie de la traduction de Callon et Latour, histoire des idées (*Begriffsgeschichte*) de Koselleck, abduction de Peirce, paradigme indiciaire de Ginzburg, etc.) à la science de l'information géographique, et plus particulièrement à la conceptualisation et la formalisation des processus morphologiques, permet de renforcer et d'enrichir le processus de modélisation (prise en compte du contexte de production lors de la réduction de la connaissance, stabilité conceptuelle et explicitation du processus de production d'hypothèses). Ces apports constituent une pierre supplémentaire à l'édifice toujours en devenir de la démarche exploratoire pour le traitement de processus urbains complexes. De manière plus précise encore, ce travail nous permet de stabiliser le cadre théorique et la démarche pour contribuer à l'amélioration de l'archivage numérique et de l'interopérabilité des systèmes, grâce notamment à la prise en compte de l'évolutivité différenciée des concepts et des instances. Enfin, des pistes sont proposées pour poursuivre ce travail en exploitant les approches collaboratives et les plates-formes d'exploration multidimensionnelles.

La figure ci-dessous illustre le cadre initial de la recherche ainsi que l'extension résultant de nos investigations.



Mots-clés : morphologie urbaine, sciences de l'information géographique, histoire, interdisciplinarité, ontologie, processus, production de connaissance, exploration, émergence, caractérisation, événement.

Abstract

Present work intends to conceive an interface between Urban Morphology and Geographic Information Science (GISc). This interface is considered as a space of exchange for knowledge exploration between several disciplines. The links pointed out from this theoretical work help us define the framework of formalization of morphological processes.

We have focused our efforts over the methodology of translation of the notion of morphological process. The main steps of translation of the historical analysis operations into the conceptual language of the GISc mainly include numerical handling of cartographic sources, i.e. maps, plans, cadastre, etc.

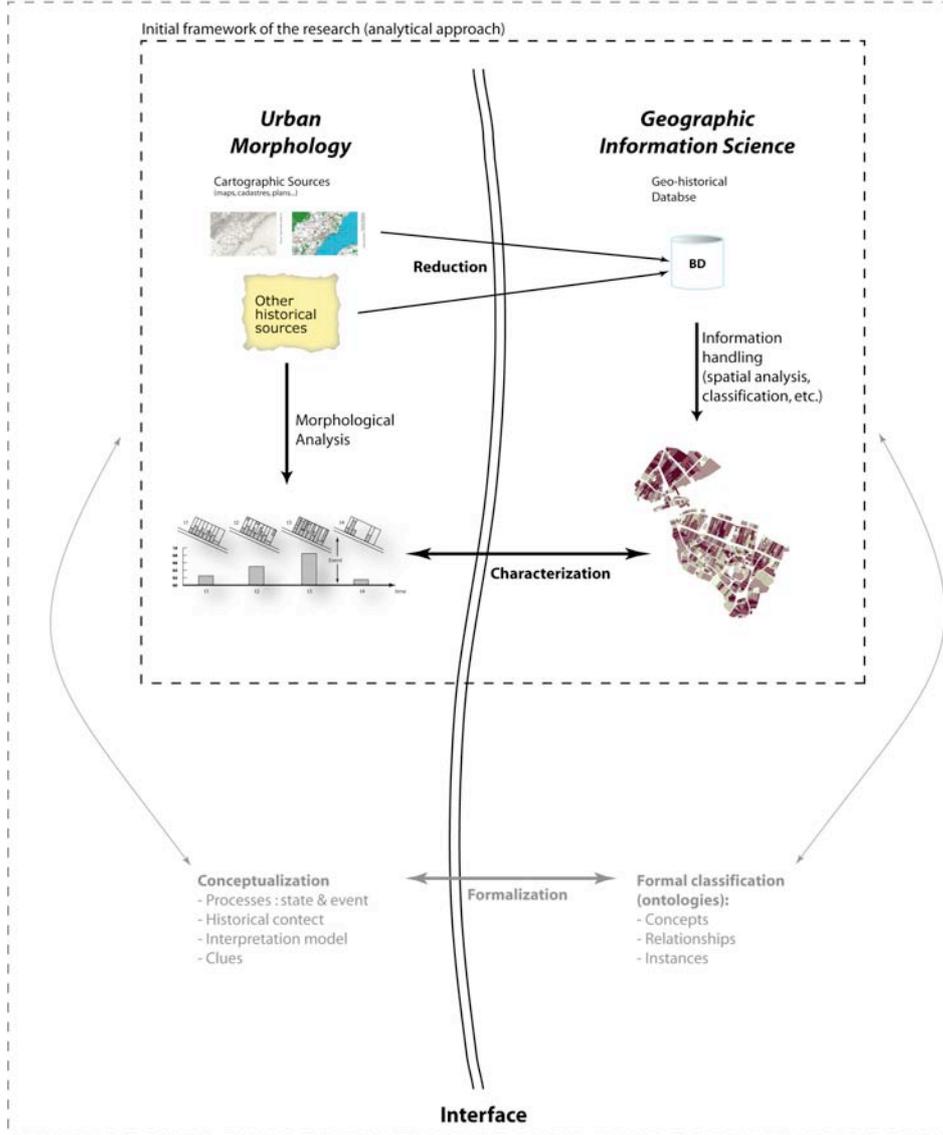
The main problems encountered are linked to the heterogeneity of historical information such as: partial data sets, non-representative statistical ensembles and semantic relativity of concepts through time (polysemy, synonymy, etc.). We discuss these problems from the knowledge production process point of view. We focus on questions of knowledge emergence from quantitative analysis and, symmetrically, of concept formalization leading to data structures compatible with the idea of characterization.

Our work is essentially based on the possibilities of the exploratory paradigm applied to geo-historical data. By doing so, we have been particularly interested in the contributions of the systematic approach to the enhancement of the interpretive potential of classical descriptive morphological analyses.

Outcome of work are of different natures. We can mention among others: 1° the construction of a formal classification (ontology) of concepts subsuming transformation and evolution of the city and the territory and 2° the development of an exploratory approach of geo-historical data. We have also discussed the contribution of some social sciences' paradigms (Callon and Latour's *sociology of translation*, Koselleck's conceptual history (*Begriffsgeschichte*), Peirce's abduction, Ginzburg's *indiciary paradigm*, etc.) to GISc. In particular, we are interested in the enhancement of the process of modeling by rethinking the tasks of conceptualization and formalization by taking into account the historical context of production of information during the process of knowledge reduction. We have pointed out the importance of *periods of conceptual stability* to allow comparative measurements and of *events* to explain ruptures not only at the data level, but also at the level of the entire conceptualization.

These outputs should be considered as a new step towards recognition of the exploratory approach as a relevant tool to face interdisciplinary and complex problems related to urban processes in general. In particular, this work helps us stabilizing the theoretical framework contributing to the definition of the next generation numerical archives and interoperability of systems. Indeed, these technical questions need modelers to take into account different kinds of evolution when dealing with either concepts or instances and to produce a common platform to manage both. Finally, we show some clues to continue this work by introducing collaborative approaches and exploratory multidimensional interfaces.

The figure below illustrates the initial framework of this research and the extension resulting from our work.



Keywords: urban morphology, geographic information sciences, history, interdisciplinarity, ontologies, process, knowledge production, exploration, emergence, characterization, event.

Remerciements

De toutes les coutumes académiques, ma préférée consiste en ce moment de pur souvenir, lorsque l'on établit la liste interminable des gens qui ont créé les atmosphères enivrantes que l'on aime à se rappeler et qui sont essentielles à la production de la science. Je souhaite donc profiter de cet espace de liberté pour dire toute ma reconnaissance et mon amitié à mon « *small world* », composé d'un grand nombre de personnes, qui, de façon directe ou indirecte, formelle ou informelle, institutionnelle ou personnelle, ont largement contribué à ce travail, de son éclosion à son aboutissement.

En premier lieu aux professeurs Sylvain Malfroy et François Golay pour leur soutien sans égal pendant les différentes phases de cette thèse.

Aux membres de mon jury : les professeurs Martin Schuler, président, Jean-Luc Pinol, Robert Weibel, Jacques Lévy, rapporteurs, pour la lecture attentive et la critique constructive de mon travail et, surtout, pour l'intensité des échanges intellectuels pendant la défense de thèse.

A l'équipe du géo-patrimoine de Genève: Nicolas Schätti, Anne-Marie Viaccoz, Séverine Kraft, Wladimir Major et Christian Lehmann, qui ont mis à ma disposition les données sans lesquelles aucune instanciation de mes concepts n'aurait été possible. Au Secrétariat d'État à l'éducation et à la recherche de la Confédération Suisse, ainsi qu'à la vice-présidence à la recherche de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne pour avoir soutenu financièrement mon travail.

Un merci du fond du cœur au professeur Martin Schuler, pour sa générosité sans limites dans tous les registres possibles et imaginables de l'existence.

A la professeure Valérie November, pour sa confiance et sa patience... Je me réjouis de continuer avec toi, pendant quelques temps au moins, mes aventures intellectuelles.

Au professeur Jacques Lévy, pour son amitié et son zéphyr intellectuel.

A mes collègues et anciens collègues du laboratoire de systèmes d'information géographique: Dr. Abram Pointet, Jens Ingensand, Karine Pythoud, Dr. Gilles Desthieux, Dr. Gilles Gachet, Dr. Stéphane Joost et Thierry Bussien pour leurs cafés-croissants (au jambon!), leurs discussions et coups de main divers. Un grand merci en particulier au Dr. Régis Caloz pour son assiduité à m'éviter de sombrer totalement du côté obscur, à Michael Kalbermatten pour sa célérité computationnelle, à Elena Andrey pour ses corrections de dernière minute et à Nicolas Lachance-Bernard pour son amitié et les parties de baby-foot qui m'ont permis de canaliser le trop plein d'énergie en fin de thèse.

Aux membres de l'équipe COST C21: Prof. Gillet Falquet, Prof. Jacques Teller, Dr. Claudine Métral, Prof. Robert Weibel, Mathieu Vonlanthen, Patrick Lüscher, Dr. Claire-Lise Mottaz, Prof. Pierre Pellegrino, Dr. Emmanuelle Pellegrino, Prof. Chris Tweed, Prof. John Lee, Prof. Anne-Françoise Cutting-Decelle, pour les échanges intellectuels fascinants durant toute la durée du projet "Ontologies for Urban Development".

Aux professeurs Jean-Luc Pinol, Jeremy Whitehand, Rémy Allain, Michael P. Conzen, Pier-Giorgio Gerosa, Peter Larkham, Bruno Marchand et Vincent Kaufmann pour leur sympathie et leurs critiques vis-à-vis de mes idées peu orthodoxes.

A Arlette Rattaz, Véronique Boillat-Kireev, Luana Huguenin et Laurence Fonjallaz pour leur inestimable soutien logistique. Sans elles, pas de doute, le monde ne tournerait pas rond.

A Dominique von der Mühl, Jacques Macquat, Dr. Marcus Zepf, Irène Vogel-Chevroulet, Isabelle Macquart-Perez, Monique Ruzicka-Rossier, André Ourednik et Dr. Michael Jacob, avec qui j'ai eu le bonheur d'enseigner pendant de longues années la mobilité, l'aménagement urbain, les espaces publics contemporains et les sciences de la ville, partageant ainsi avec nos étudiants de grands moments de créativité. Merci aussi à mes étudiants, source d'inspiration et véritable raison d'être de l'institution qui m'a accueilli pendant ces belles années.

A mes collègues et amis, en vrac: Dr. Boris Beaude, Caroline Barbisch, Beatrice Ferrari, Mélanie Pitteloud, Béatrice Métaireau, Marion Penelas, Pascal Viot, Sophie Lufkin, Alain Kaufmann, Virginie Jaton, Dr. Mathis Stock, Dr. Marc Dumont, André Ourednik, Dr. Luca Pattaroni, Dr. Marc Breviglieri, Pierre Dessemontet, Pascal Lemeur, Alexandre Pilloud, Dr. Nicolas Bassand, Dr. Philippe Mivélaz, Pierre Zurbrügg, Charlotte Mazel, Didier Challand, Dr. Charlotte Boisteau, Paola Tosolini, Graziella Zannone Milan, Samuel Kung, Dr. Estelle Ducom, Dr. Sigridur Kristiansdottir, Prof. Dominique Joye, Sonia Lavadinho et Dr. Catherine El-Bez, j'en oublie et des meilleurs.

A Emmanuelle Tricoire, Dr. Blandine Ripert, Dr. Igor Moullié, Dr. Sébastien Tank et Dr. Saskia Cousin, compagnons d'armes interdisciplinaires.

Enfin, un bec à Charlotte P., Jeff et Isa, Manu, Coco, Charlotte et Louise, Adi, Evelyne et Audrey, Leila, Milad et Georges, Josianne et Florian, Fabian et Delphine, Laurent, Emmanuel, Manuela, Samuel et Aline, Laurent, Nathalie, Lorraine et Alexandre.

Mais aussi et surtout à Mamyblue, Claire et Walter pour leur soutien inconditionnel et à tout mon clan *in extenso*. Un merci tout particulier aux Dr. Cecilia Camacho-Hübner, MD, FRCPC et Dr. Agnès Camacho-Hübner, mes correctrices d'épreuves préférées...

Et bien sûr à ma muse, Agnès, et à mes poussins, Gabriel et Mathilde, mes soleils quotidiens.

Table des matières

Dédicace	I
Résumé	III
Abstract	V
Remerciements	VII
Table des matières	IX
Liste des figures	XIV
Liste des tableaux	XVII
Glossaire	XIX

PREMIÈRE PARTIE

Des intuitions aux champs problématiques	1
1. Intuitions et intentions	3
1.1 La Ville et le Golem	3
1.2 <i>Ur-Ontologie</i>	4
1.3 Motivations	5
1.4 Objectifs	6
1.5 Méthode de recherche	7
2. Démarche de recherche et champs problématiques	9
2.1 Introduction	9
2.2 La question de la modélisation comme démarche de recherche	10
2.3 Champs problématiques	12
2.4 Un exemple paradigmatique: le cycle de développement parcellaire	14
2.5 Présentation du corpus de données géo-historiques disponible	18
2.6 Synthèse et conclusions du chapitre	25

DEUXIÈME PARTIE

Fondements de la problématique	27
3. Convergences entre la morphologie urbaine et les systèmes d'information géographique	29
3.1 Introduction	29
3.2 Parallèle méthodologique	30
3.2.1 Convergence des démarches	30
3.2.2 La démarche analytique en histoire	32
3.2.3 Méthodes d'analyse morphologique	33
3.2.4 Le traitement de l'information par des outils géomatiques	35
3.3 Exemple: le cycle de développement parcellaire	36
3.4 Principe de construction des indicateurs pour la caractérisation des formes urbaines	36
3.5 Synthèse et conclusions du chapitre	38
4. Limites et ruptures	39
4.1 Introduction	39
4.2 Limites à la réduction de la connaissance historique et urbaine: de la nature des sources historiques	40
4.2.1 Hétérogénéité des sources	40
4.2.2 Données partielles et ontologies par époque	42
4.3 Ruptures épistémologiques	43
4.3.1 Parts quantifiable et non quantifiable de la connaissance	44
4.3.2 Le paradigme du décalage historique	45
4.3.3 Jeux de données partiels et paradigme indiciaire	46
4.3.4 Histoire des concepts	47
4.4 Synthèse et conclusions du chapitre	49
5. Trousse conceptuelle: outils complémentaires	51
5.1 Introduction	51
5.2 De la réalité au modèle de connaissance : le modèle d'interprétation	51
5.2.1 La posture pragmatique	53
5.2.2 Le triangle sémiotique	53
5.2.3 La sémosis et les conditions de bord	54
5.2.4 L'abduction et les principes de validation scientifique	55
5.2.5 La question du contexte historique: perception, production et représentation de l'information	57

	XI
5.3 Formalisation de la connaissance	57
5.3.1 <i>Rappel de la problématique liée à la connaissance historique et morphologique</i>	57
5.3.2 <i>Hypothèses générales et principes de formalisation</i>	58
5.3.3 <i>Démarche de formalisation</i>	60
5.3.4 <i>Processus de décomposition de la connaissance</i>	62
5.3.5 <i>Théorie des types logiques</i>	62
5.4 Application de la théorie des types logiques au cycle de développement parcellaire	64
5.5 Synthèse et conclusions du chapitre	65

TROISIÈME PARTIE

Construction du modèle de connaissance et ancrage de la problématique	67
6. Le processus morphologique comme processus informationnel et cognitif	69
6.1 Introduction	69
6.2 Double traduction de la connaissance historique	70
6.2.1 <i>Processus et métaprocessus: des faits et des idées!</i>	70
6.2.2 <i>Exemple de traduction: la mesure de l'occupation du sol et les échelles de l'information</i>	74
6.3 Les dimensions temporelles du processus morphologique: temporalité et historicité	76
6.4 Coupes synchroniques: unicité de la représentation cartographique et multitude de processus à l'œuvre	77
6.5 Décomposition du cycle de développement parcellaire en concepts et instances	80
6.6 Synthèse et conclusions du chapitre	81
7. La signature géo-historique: principes pour la caractérisation et l'exploration des processus morphologiques	83
7.1 Introduction	83
7.2 Echelles et processus de production de connaissance	84
7.2.1 <i>Discrétisation et agrégation de l'information</i>	84
7.2.2 <i>Exemple 1: la scala di lettura</i>	85
7.2.3 <i>Exemple 2: l'échelle émergente et le principe d'emboîtement hiérarchique des régions morphogénétiques</i>	90
7.2.4 <i>Exemple 3: les échelles temporelles et l'histoire quantitative</i>	93

7.3 Généralisation du principe de caractérisation/exploration: définition de la signature géo-historique	96
7.4 Retour sur le cycle de développement parcellaire: distinction entre caractérisation et exploration	97
7.4.1 Approche top-down: caractérisation	98
7.4.2 Approche bottom-up: exploration (émergence et catégorisation)	99
7.5 Synthèse et conclusions du chapitre	101
7.6 Enjeux de la construction du modèle de connaissances pour la caractérisation et l'exploration des données géo-historiques	102

QUATRIÈME PARTIE

Formalisation du modèle de connaissance	105
8. Conceptualisation	107
8.1 Introduction	107
8.2 Application du modèle interprétatif à la morphologie urbaine	108
8.2.1 Trois niveaux de médiation	108
8.2.2 Les sources d'archives comme médiateurs, justification du paradigme indiciaire	108
8.2.3 Le processus morphologique comme médiateur	109
8.2.4 Le contexte historique: interprétant entre la forme urbaine et la configuration spatiale	109
8.3 Ce qui change	110
8.3.1 Structure formelle du processus morphologique	110
8.3.2 L'état: la chose mesurée et la stabilité conceptuelle	112
8.3.3 L'événement: ce qui survient	113
8.3.4 Prise en compte de la double relation temporelle: synchronie et diachronie	116
8.4 Catégories évolutives: quelques exemples morphologiques	117
8.5 Synthèse et conclusions du chapitre: aplatissage et historicité	119
9. Formalisation	121
9.1 Introduction	121
9.2 Ontologie des processus morphologiques de la ville et du territoire	122
9.2.1 Décomposition de la notion de forme urbaine	122
9.2.2 Sources: dictionnaires, vocabulaires et glossaires	125
9.2.3 Décomposition de la notion de processus morphologique	127

9.3 Modèle Conceptuel de Données des composantes du cycle de développement parcellaire	135
9.4 Synthèse et conclusions du chapitre: URMOPRO, un point de vue privilégié	137

CINQUIÈME PARTIE

Exploration des données géo-historiques	139
10. Caractérisation et exploration des données géo-historiques	141
10.1 Introduction	141
10.2 Caractérisation du cycle parcellaire et discussion du problème des données partielles	142
10.3 De la caractérisation partielle à la production d'indices	144
10.4 Exploration des composantes du cycle parcellaire	145
10.4.1 <i>Densification - exploration analytique et production d'hypothèses</i>	145
10.4.2 <i>Plot pattern metamorphosis - exploration visuelle et production d'hypothèses</i>	161
10.5 Synthèse et conclusions du chapitre	170
11. Proposition de systématisation et mise en perspective de la démarche exploratoire du point de vue morphologique et cognitif	171
11.1 Introduction	171
11.2 Systématisation de la démarche de caractérisation et d'exploration	172
11.2.1 <i>Caractérisation des concepts et peuplement de l'ontologie</i>	172
11.2.2 <i>Exploration des données et catégorisation des processus émergents</i>	174
11.2.3 <i>Généralisation de la démarche: la question de l'émergence</i>	176
11.2.4 <i>Coexistence synchronique, atavismes et principe de quantification de la diversité historique</i>	177
11.3 Discussion de la démarche exploratoire du point de vue morphologique	178
11.3.1 <i>Convergence, limites et complémentarité des approches exploratoire et morphologique</i>	178
11.3.2 <i>La lecture urbaine comme stratégie d'exploration des données</i>	179
11.4 Mise en perspective du point de vue cognitif (ontologie)	180
11.4.1 <i>Relations entre les concepts et les instances: attribution du sens</i>	180
11.4.2 <i>Peuplement de l'ontologie (instances)</i>	181
11.4.3 <i>Catégorisation des processus émergents (concepts)</i>	181
11.5 Synthèse et conclusions du chapitre	183

SIXIÈME PARTIE

Conclusion	185
12. Conclusions et perspectives	187
12.1 Introduction	187
12.2 Synthèse: limites liées à la réduction de la connaissance historique et à la translation sémantique entre disciplines	188
12.3 Apports et originalité de la thèse	189
12.4 Limites de la démarche	194
12.5 Perspectives de recherche	195
13. Références bibliographiques	201
Annexe : Cahier cartographique	

Liste des figures

Figure 2.1: Approches bottom-up et top-down.	13
Figure 2.2: <i>Burgage series, Teasdake's Yard (Fenkle Street)</i> (Conzen 1969).	15
Figure 2.3: Cycle de développement parcellaire (Larkham and Jones 1991).	16
Figure 2.4: Plan Billon (extrait).	18
Figure 2.5: Plan Céard (extrait).	19
Figure 2.6: Plan Grange (extrait).	20
Figure 2.7: Parcellaire extrait du plan Billon (extrait).	21
Figure 2.8: Parcellaire et bâti extraits du plan Grange (extrait).	22
Figure 2.9: Plan d'ensemble (extrait).	23
Figure 2.10: Bâti et parcellaire actuels (extrait).	24
Figure 2.11: Etendue géographique et profondeur historique des sources.	24
Figure 3.1: Parallèle méthodologique entre la morphologie urbaine et la géomatique.	31
Figure 3.2: Evolution de l'emprise au sol des bâtiments par rapport à la surface parcellaire.	36
Figure 3.3: Indices caractéristiques (parcellaire "allongé" du plan Billon).	37
Figure 3.4: Valeurs discriminantes ("lanières" du plan Grange).	37
Figure 4.1: Constitution de la base de données géo-historique.	41
Figure 4.2: Jeux de données partiels et ontologies locales.	43

Figure 4.3: Evolution de la connaissance scientifique et postures de recherche.	44
Figure 4.4: Extraction des connaissances.	50
Figure 5.1: Le triangle sémiotique (d'après Everaert-Desmedt 1990).	53
Figure 5.2: La sémosis (d'après Everaert-Desmedt 1990).	54
Figure 5.3: Cristallisation des théories à partir de la soupe de connaissance (Sowa 2000).	55
Figure 5.4: L'abduction (d'après Everaert-Desmedt 1990).	56
Figure 5.5: Décomposition du processus parcellaire à l'aide de la théorie des types logiques.	64
Figure 6.1: Problématique de la formalisation des processus morphologiques.	72
Figure 6.2: Problématique des coupes synchroniques: multitude d'états indépendants (cas 1).	78
Figure 6.3: Problématique des coupes synchroniques: coexistence synchronique d'un seul processus (cas 2).	78
Figure 7.1: Echelle territoriale: modèle théorique d'implantation (Caniggia et Maffei 2000).	86
Figure 7.2: Echelle urbaine: modèle de processus de formation du tissu urbain (Caniggia et Maffei 2000).	87
Figure 7.3: Echelle du bâti: schéma de reconstruction des principales variantes diachroniques et diatopiques du bâti (Caniggia et Maffei 2000).	87
Figure 7.4: Organigramme de l'approche par échelles de lecture.	88
Figure 7.5: Evolution schématique de l'îlot à la barre (Panerai et al. 2001)	89
Figure 7.6: Constitution des régions morphogénétiques (Conzen 2004).	91
Figure 7.7: Organigramme de l'approche par échelles d'agrégation.	92
Figure 7.8: Cycles <i>Kondratieff</i> et le <i>trend séculaire</i> (Braudel 1979).	94
Figure 7.9: Processus de production de connaissance à partir d'une série de données chronologique.	95
Figure 7.10: Espace sémantique et signature géo-historique.	96
Figure 7.11: Approche top-down.	98
Figure 7.12: Approche bottom-up.	100
Figure 8.1: Classification des processus (d'après Sowa 2000).	110
Figure 8.2: Mesures et trajectoires potentielles (Vrana 2000).	112
Figure 8.3: Catégories d'événements.	115
Figure 8.4: Synchronie et diachronie.	116
Figure 8.5: Typologie des catégories évolutives.	117

Figure 9.1: <i>Ur-Ontologie</i> : composantes de l'approche morphologique.	122
Figure 9.2: Carte conceptuelle d'extraction du contexte historique.	124
Figure 9.3: Dictionnaire de Dainville (1964).	125
Figure 9.4: Glossaire Larkham et Jones (1991).	126
Figure 9.5: Décomposition des familles de descripteurs du processus morphologique.	127
Figure 9.6: Structuration des relations (<i>properties</i>) dans l'ontologie.	128
Figure 9.7: Modèle Conceptuel des Données, cas de la densification.	136
Figure 9.8: Modèle Conceptuel des Données, cas de l'évolution du <i>pattern</i> parcellaire.	137
Figure 9.9: URMOPRO, capture d'écran de <i>Protégé</i> .	137
Figure 10.1: Cycle de développement parcellaire: différence du taux d'occupation des îlots de la vieille ville.	142
Figure 10.2: Problématique des jeux de données partiels et opportunités exploratoires.	143
Figure 10.3: Statut ontologique des résidus de l'exploration.	144
Figure 10.4: Décomposition de la couche <i>Bâtiments</i> par époque de construction.	146
Figure 10.5: Densification hectométrique (synthèse par époques).	148
Figure 10.6: Secteurs choisis pour l'analyse comparative en fonction de la localisation préférentielle.	149
Figure 10.7: Analyse de la densification en fonction de la localisation préférentielle.	150
Figure 10.8: Etude comparative des tissus ayant une densité similaire.	152
Figure 10.9: <i>Hot spots</i> de densification (données 1961 - 1970).	154
Figure 10.10: Densité hectométrique plan Grange.	156
Figure 10.11: Micro-hypothèses induites à partir de la caractérisation partielle du processus de densification.	157
Figure 10.12: Analyse comparative de la densification du centre ville en fonction de l'évolution du nombre de parcelles (subdivision vs. fusion).	158
Figure 10.13: Identification des instances en fonction de la variation de la densité et du processus parcellaire sous-jacent.	159
Figure 10.14: Mise en évidence de la dédensification du noyau historique et des effets de bord (jeux de données partiels).	160
Figure 10.15: Identification par transparence des transformations du <i>pattern</i> parcellaire genevois entre les XVIIIe et XIXe siècles.	162
Figure 10.16: Production d'hypothèses à partir des résultats de l'exploration visuelle.	163
Figure 10.17: Processus d'effacement parcellaire: cas d'un pont bâti.	163

	XVII
Figure 10.18: Indicateur de forme parcellaire: asymétrie (plan Billon).	164
Figure 10.19: <i>Clusters</i> résultants de l'exploration du processus de métamorphose parcellaire (plan Billon).	165
Figure 10.20: Ilots choisis pour l'analyse comparative entre la Cité et St-Gervais par époque (Billon, Grange et état actuel).	166
Figure 10.21: Analyse comparative d'îlots caractéristiques par époque (Billon, Grange et état actuel).	167
Figure 11.1: Organigramme du processus de caractérisation.	173
Figure 11.2: Organigramme du processus d'exploration.	175
Figure 11.3: Typologie des processus d'attribution de sens.	180
Figure 11.4: Principe de caractérisation des concepts par projection dans l'espace sémantique.	181
Figure 11.5: Catégorisation des processus émergents.	182
Figure 12.1: Catégorisation des méta-processus.	198

Liste des tableaux

Tableau 2.1: Nature des questionnements et niveaux d'abstraction de la problématique.	12
Tableau 10.1: Analyse comparative par époque d'îlots caractéristiques de la vieille ville de Genève (Billon, Grange et état actuel).	168

Glossaire

Abduction (§5.2.4)

Processus de production d'hypothèses à partir d'un ensemble de *faits surprenants**. Il peut être décomposé en une séquence d'induction et de déduction visant à valider ou à infirmer une hypothèse, puis à en produire une nouvelle le cas échéant. Cette notion a été développée par Charles S. Peirce.

Abstraction hypostatique (§11.4.1)

Extraction d'un *concept** à partir de l'observation des *instances**.

Atavisme (§6.4)

Correspondance entre le déroulement diachronique d'un processus et sa représentation synchronique.

Bottom-up (§7.4.2)

Approche consistant à donner une traduction des réseaux conceptuels nécessaires à la *formalisation** d'une notion et à sa *caractérisation** sur la base d'un ensemble d'analyses empiriques.

Caractérisation (§3.2.4 et chapitre 10)

Méthode consistant à chercher des *instances** permettant d'inférer l'existence et la spécificité d'un *concept**.

Catégorisation (§11.4.3)

Acte de discriminer les résultats pour tenter de leur attribuer une signification commune.

Codage (§3.2.2)

En histoire, opération consistant à constituer des catégories pertinentes pour la structuration de l'information extraite des sources d'archive et permettant en outre le traitement de l'information et l'agrégation des données.

Coexistence synchronique (§6.4)

Diversité de *configurations spatiales** résultant d'étapes successives d'un même processus, représentées simultanément.

Concept (§4.3.4 et §6.2.1)

Représentation mentale abstraite, générale, objective, stable et munie d'un support verbal.

Conceptualisation (§4.2.2 et chapitre 8)

Méthode consistant à appréhender un phénomène comme une construction interprétative.

Configuration spatiale (§3.2.1)

Agencement élémentaire d'objets à caractère spatial. Dans la littérature géographique, elle est souvent rencontrée sous le nom de *chorotype*.

Coupe synchronique (§6.4)

Représentation de l'état* d'un processus à un moment donné de son déroulement.

Décalage historique (§4.3.2)

Posture de recherche consistant à étudier des phénomènes passés à partir d'une *conceptualisation** actuelle.

Échelle a priori (§7.2.2)

Rapport de taille entre réalités géographiques qui détermine la catégorie d'appréhension du territoire selon une classification arbitraire, allant du plus général au plus particulier. En termes morphologiques, elle correspond à la *scala di lettura* définie par G. Caniggia.

Échelle a posteriori (§7.2.3)

Rapport de taille entre réalités géographiques qui détermine la production de connaissance relative à l'agrégation d'unités spatiales, en commençant par le niveau le plus élémentaire ou *morphotope**. En termes morphologiques, elle découle du *principe d'emboîtement hiérarchique des régions morphogénétiques* défini par M.R.G. Conzen.

Émergence (§8.3.3 et §11.4.3)

Notion correspondant à un fait dont ne peut rendre compte un système de causalité simple puisqu'il est qualitativement différent et irréductible à l'état dont il procède. Elle est employée le plus souvent sous la forme d'adjectif : *émergent(e)*.

Ensemble synchronique signifiant (§7.2.4)

Période historique homogène et conceptuellement stable permettant de traiter l'information spatiale et temporelle relative à l'évolution des objets et des relations et d'en donner une représentation cartographique cohérente.

État (§8.3.2)

L'une des deux composantes du *processus discret**. L'état définit la période temporelle d'inactivité. Un état mesurable est appelé une *stase* et répond à la condition de *stabilité conceptuelle**.

Événement (§8.3.3)

L'une des deux composantes du *processus discret**. L'événement définit l'intervalle temporel d'activité du processus. Un événement définit le lieu du changement ou bifurcation.

Exploration (§7.6 et chapitre 10)

Processus de production de connaissance basé sur l'analyse systématique d'un jeu de données et permettant de mettre en évidence des *faits surprenants**.

Fait surprenant (§5.2.4)

Observation d'un résultat empirique inexpliqué ou inexplicable selon la théorie généralement admise.

Formalisation (§5.3.3, §6.2.1 et chapitre 9)

Méthode consistant à proposer une structure logique correspondant à une *conceptualisation** donnée.

Germe (§6.4 et §10.3)

Forme urbaine à un “stade de développement embryonnaire”, car elle n’est pas encore différenciée et peut donner lieu à des formes identiques (par diffusion d’un type, par exemple) ou différentes (variantes diachroniques par spécialisation des fonctions, par exemple).

Grain (§5.4 et §7.2.1)

Niveau le plus élémentaire de l’information.

Granularité conceptuelle (§5.4)

Niveau en-deçà duquel il n’est plus possible de décomposer un *concept** en sous-concepts. Cette limite peut être choisie de façon arbitraire définissant ainsi le niveau le plus élémentaire de l’*ontologie**, c’est-à-dire l’ensemble de concepts correspondant aux *individus** de la *théorie des types logiques**.

Historicité (§6.3)

Construction cognitive qui combine les questions temporelles et sémantiques afin de caractériser les faits observés par rapport à un contexte historique donné. L’historicité est mesurée à partir de la co-présence de *configurations spatiales** connotées historiquement, non pas à partir d’une série chronologique, mais de façon synchronique. C’est en quelque sorte la mesure de l’intensité de mixité historique des instances d’une base de données. Si l’on compare à la définition plus large concernant la « *dimension temporelle des sociétés* » (Lévy and Lussault 2003), nous avons essayé ici de rendre opérationnelles les notions de cumulativité et d’intentionnalité qui la caractérisent.

Indice (§4.3, §5.2.4 et §11.4.3)

Notion correspondant au premier stade d’*émergence** d’un *concept**.

Individu (§5.3.5)

*Type logique** dénué de complexité. Il s’agit du premier niveau de la hiérarchie proposée par la *théorie des types logiques*.

Instance (§5.3.3 et §6.2.1)

Catégorie concrète. Projection du *concept** dans un espace sémantique.

Instanciation (§5.2.2, §9.2 et §11.4.2)

*Réduction** d’un *concept** en une série d’*instances** ou d’observations concrètes.

Jeu de données partiel (§4.2.2 et §4.3.3)

Ensemble lacunaire de données ne permettant pas d’appliquer tels quels les outils d’analyse statistiques.

Méta-processus (§6.2.1)

Séquence temporelle décrivant l’évolution des catégories abstraites (*concepts**, *ontologies**, etc.).

Morphotope (§7.2)

*Configuration spatiale** de la morphologie urbaine au sens de M.R.G. Conzen.

Ontologie (§4.2.1, §5.3.3, §6.2.1 et chapitre 9)

Classification formelle d'une *conceptualisation** partagée. Il s'agit d'une structuration de la connaissance à deux niveaux : *concepts** et *instances**.

Ontologie par époque ou ontologies locales (§4.2.2)

*Conceptualisation** contemporaine à la production de l'information.

Paradigme indiciaire (§4.3.3)

Processus de production de connaissance historique basé sur l'utilisation des *traces** pour constituer un discours cohérent lorsque les sources ne peuvent être croisées, ni les séries chronologiques complétées.

Processus informationnel et cognitif (chapitre 6)

Processus décrivant conjointement le traitement de l'information et la production de connaissances nouvelles liée à l'acte même de modélisation.

Processus discret (§8.3)

Séquence temporelle de changement des entités ayant lieu par pas de temps discrets.

Processus observé (§6.2.1)

Séquence temporelle décrivant l'évolution des catégories concrètes (*instances**, données, etc.).

Proposition (§5.3.5)

Assemblage de signes doué de sens. Selon la *théorie des types logiques**, les propositions suivent une logique hiérarchique ; l'ordinalité de celles-ci dépend de la nature des propositions d'ordre inférieur dont elles sont issues.

Réduction (§2.2 et chapitre 4)

Procédé consistant à ramener une connaissance ou un raisonnement à ce qu'il comporte de plus fondamental afin de le rendre intelligible. Par extension, en sciences de l'information géographique, la réduction concerne la traduction de la complexité d'une réalité donnée à l'ensemble des informations implémentables dans un ordinateur.

Rupture épistémologique (§4.3)

Différence fondamentale entre deux ou plusieurs disciplines. Elle implique la production de nouveaux paradigmes, construits spécifiquement pour rendre compatible l'appréhension commune de la problématique interdisciplinaire.

Sémiosis (§5.2.3)

Processus d'interprétation basé sur le modèle sémiotique de Ch. S. Peirce consistant à transformer les représentations obtenues pour les rendre plus explicites encore par l'intermédiaire d'autres représentations.

Signature géo-historique (chapitre 7 et §11.4.2)

Combinaison d'*instances** permettant de *caractériser** un *concept**.

Stabilité conceptuelle (§8.3)

Condition de résilience nécessaire à la production d'un ensemble de mesures comparables dans le temps.

Temporalité (§6.3)

Cette notion consiste à prendre en compte le temps comme une variable indépendante et homogène en fonction de laquelle il est possible de dériver toute autre variable.

Théorie des types logiques (§5.3.5 et §5.4)

Théorie proposant une hiérarchie des *propositions** par recombinaison des propositions d'ordre inférieur (*types logiques**). Elle a été développée par Bertrand Russell.

Top-down (§7.4.1)

Approche consistant à proposer une interprétation plausible des résultats obtenus grâce à l'exploration systématique des données disponibles. L'interprétation résultante est ensuite comparée au corpus conceptuel existant permettant de mettre en évidence les *concepts* émergents**.

Trace (§5.3.1, §7.4.1 et §10.3)

Toute *instance** répondant de manière partielle aux caractéristiques explicites d'un *concept** ou y répondant de manière totale, mais sans être corroborée par d'autres *instances**.

Type logique (§5.3.5)

Il est défini comme le champ de signification d'une fonction propositionnelle, c'est-à-dire l'ensemble des arguments pour lequel cette fonction a des valeurs possibles. Il s'agit du concept central de la théorie du même nom (cf. supra).

Ur-Ontologie (§9.2.1)

Les trois principes fondamentaux (forme, échelle et histoire) utilisés comme point de départ pour la décomposition du *concept** de processus morphologique. Elle correspond au niveau le plus général à partir duquel l'*ontologie** peut être développée.

I. Des intuitions aux champs problématiques

“ That was the beginning, and the idea seemed so obvious to me and so elegant that I fell deeply in love with it. And, like falling in love with a woman, it is only possible if you do not know much about her, so you cannot see her faults. The faults will become apparent later, but after the love is strong enough to hold you to her.”

Richard Feynman, *Nobel Lecture*, 1965

“Des pensées sans contenu sont vides; des intuitions sans concepts sont aveugles.”

Emmanuel Kant, *Critique de la raison pure*,
1781



1. Intuitions et intentions

1.1 La Ville et le Golem

Deux objets partagent la double essence qui en fait des créations fascinantes: la ville et le Golem. Ils ont en commun en effet, le fait d'être un savant mélange de physicalité et de spiritualité. Des sculptures de terre glaise façonnées au bord d'un fleuve et portant l'inscription "EMET" sur leur flanc. Les deux sont le fruit d'une romance du Verbe et de la Terre.

La matière et le verbe. Telle est l'image qui m'a fasciné pendant ces quelques années de recherche, traquée dans ses méandres conceptuels et dans sa réalité matérielle. Fascination exercée par la ville par-delà son aspect le plus scientifiquement mesurable; fascination due à la difficulté même qui la caractérise, celle qui la rend irréductible à un seul langage aussi parfait soit-il.

Cette entrée en matière quelque peu poétique ne vise à introduire ni un discours métaphorique ni une vision animiste de l'objet de recherche central; cette escapade lyrique me permet simplement de mettre en lumière, et en quelques mots, l'essentiel de la démarche suivie tout au long de ce travail de thèse. Il s'agit en effet tout simplement de chercher l'équilibre entre la donnée matérielle, qui se donne à voir à travers sa réalité physique grâce aux méthodes de mesure et d'analyse classiques, et le corpus conceptuel, qui transcende les maigres indices réellement objectifs permettant de valider les hypothèses spéculatives. Ces deux aspects constituent le couple sur lequel s'appuie la construction intellectuelle que je me propose d'explorer.

Les multiples allers-retours entre le matériau historique de la recherche morphologique et la conceptualisation du territoire à travers les époques m'ont donné les clés pour décrypter l'évolution de la forme elle-même, grâce aux mots et à leur incroyable pouvoir d'abstraction, d'une part, et grâce aux techniques d'analyse spatiale permettant d'aller au-delà d'une lecture superficielle de la carte, d'autre part.

Chercher dans les jeux de données partiels des relations robustes qui ouvrent l'horizon à de nouvelles interrogations; structurer les concepts qui traduisent de façon formelle le "feeling" de ce que la forme est ou a été à travers le temps. Ces deux facettes sont rendues accessibles grâce aux sources compulsées pour extraire des données et par la compilation des différentes visions du monde qui nous ont été léguées et que je me propose d'utiliser pour réduire, c'est-à-dire rendre intelligible, la forme résultante. Va-et-vient perpétuel, donc, entre plusieurs représentations complémentaires du même artefact.

Ce travail n'a pas été développé en réponse à l'une ou l'autre approche "quantitative" ou "qualitative", n'offrant de surcroît qu'une vision fragmentaire de l'urbain. En effet, étant donné que ces écoles de pensée s'affrontent ou s'ignorent plus qu'elles ne communiquent, on est tenté de dire qu'elles coexistent sans être coprésentes et qu'il leur faudrait un champ d'interaction neutre, une interface interdisciplinaire, où les points de friction identifiables ouvriraient de nouvelles pistes de recherche. C'est donc d'emblée que ce travail se situe dans une posture d'extension de ces visions partielles, afin de saisir la richesse cognitive et spatiale des différentes couches de la connaissance urbaine. Je vous invite donc à embrasser ce panorama urbain au travers d'une vision stéréoscopique, à explorer la ville en tant que production sociale, dans sa matérialité aussi bien que dans son idéalité.

1.2 *Ur-Ontologie*

Lorsque deux domaines territoriaux se rapprochent suffisamment pour créer une nouvelle interface interdisciplinaire, nombreuses sont les questions qui se cachent derrière la simplicité apparente de l'objectif commun. Du questionnement épistémologique de l'objet de recherche selon des points de vue divergents, au choix des techniques d'exploration, la méthodologie est multiforme et les risques de glissement importants. Qu'il s'agisse de définir les conditions d'appropriation d'un concept, de le structurer si possible en données quantifiables ou encore de trouver une méthode de validation des méthodes d'exploration, approches qui sont définies dans un champ de connaissance et appliquées dans un autre, la difficulté principale consiste à faire émerger une connaissance commune de façon cohérente (Camacho-Hübner 2007).

En outre, le choix de baser le travail sur une démarche exploratoire incite à redéfinir les hypothèses au fur et à mesure de l'avancement du travail, qu'il soit théorique ou empirique. Les étincelles issues de la friction entre "deux moments" distincts du processus de connaissance, avec leurs charges cognitives respectives (fondements théoriques, conditions de mise en œuvre, potentiels, limites, etc.), sont impossibles à cristalliser de façon univoque. La connaissance émerge, mais elle doit être accompagnée d'une mise en garde contre la surinterprétation possible.

Afin de respecter le mieux possible les impératifs de chacune des disciplines d'origine, et de montrer dans quelle mesure il a été possible de mettre en évidence l'enrichissement mutuel entre la géomatique et la morphologie de la ville et du territoire, il est d'ores et déjà nécessaire de définir trois axes principaux comme autant de réservoirs, théoriques et empiriques, pour l'exploration de la complexité de la ville: la forme, l'échelle et l'histoire (Vernez Moudon 1997). Cette triade ne sert pas uniquement de "chapeau" épistémologique montrant la diversité des deux domaines de base, elle sert aussi à structurer la totalité de ce travail par une exploration formelle de chacune de ses composantes et de leurs relations, définissant ainsi ce que nous appelons l'ontologie primitive, ou *Ur-Ontologie*, de l'exploration des processus morphologiques.

1.3 Motivations

Les origines du présent projet de recherche se situent dans la demande d'aide au démarrage pour la recherche en Théorie et Histoire urbaines, présentée à la Vice Présidence à la Recherche en septembre 2000 par le professeur Sylvain Malfroy, avec l'appui scientifique du professeur François Golay¹.

Les principaux buts énoncés dans le projet de recherche auquel est rattaché le présent travail de thèse sont les suivants :

- Généraliser l'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG) ou à référence spatiale comme outils de gestion de la ville et du territoire.
- Créer une interface entre la géomatique et le projet urbain.
- Systématiser les résultats de la morphologie urbaine suivant la logique utilisée pour la récolte des données qui alimentent les SIG.

Les champs problématiques soulevés peuvent donc se décliner sous la forme de questions de recherche :

- La formalisation des processus d'évolution des formes urbaines peut-il se faire avec les outils courants de l'analyse spatiale ?
- Le schéma synchronique courant des SIG est-il compatible avec une description dans le temps des processus urbains ?
- La modélisation des phénomènes quantifiables par le biais des SIG procède souvent d'une interprétation déterministe des données territoriales, alors que la démarche morphologique se rapproche davantage du paradigme interprétatif des sciences historiques. Peut-on concilier ces deux aspects en créant une interface informatique apte à traiter les questions issues de la tradition herméneutique de la morphologie urbaine ?

Par la suite, ce travail de thèse s'est enrichi grâce au projet de recherche rattaché à l'action COST C21 sur les ontologies pour le développement urbain². Les objectifs de ce projet sont les suivants:

- Définition dans l'ontologie de la catégorie forme urbaine (la forme comme mémoire des processus antérieurs).
- Définition dans l'ontologie de la catégorie événements (qui déterminent les transformations observées : déclencheur de processus, processus en cours, processus émergents...).

¹

Ce projet a été soutenu dès 2003 par le fond n° 590345 "Conception d'une interface géomatique/morphologie de la ville et du territoire" de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

²

Ce volet a reçu l'appui du Secrétariat à l'Enseignement et à la Recherche dès fin 2005 sous la forme d'un fond de recherche pour le développement d'une ontologie des processus morphologiques (projet URMOPRO fond de recherche SBF No C05.0079).

- Définition dans l'ontologie de la catégorie échelle.
- Définition d'une typologie de processus à modéliser à partir de l'ontologie construite.
- Formalisation de la logique pragmatique d'interprétation des transformations urbaines sur la base d'un corpus de données par définition lacunaire (structures relatives).
- Formalisation des règles sémantiques d'appréciation du niveau d'intelligibilité des données. En termes ontologiques, il s'agit d'introduire les axiomes et inférences nécessaires à la prise en compte du temps (en tant que marqueur, intervalle et séquence) et du contexte (évolutif lui aussi).
- Définition du niveau d'adaptabilité du système en fonction du contexte analytique.

1.4 Objectifs

Le but principal de ce projet interdisciplinaire consiste en la conception d'une interface entre la morphologie urbaine et la géomatique. Cette interface se veut donc avant tout un espace d'exploration entre plusieurs disciplines qui, par leurs interrelations, offrent le cadre pour la formalisation des processus morphologiques largement étudiés par le passé, ainsi que pour l'émergence de concepts nouveaux à l'intérieur d'une branche, la morphologie urbaine, qui se situe déjà à l'intersection de plus d'une discipline : architecture, géographie, archéologie, histoire, etc. (Conzen 2004). Pour cela, nous avons choisi de nous concentrer sur un concept central, le processus morphologique, qui regroupe l'essentiel des enjeux liés à notre problématique interdisciplinaire. En effet, la notion de processus morphologique n'est pas tout à fait stabilisée dans la littérature et pose, par conséquent, un nombre important de questions aux divers niveaux de ce que l'on pourrait appeler le développement d'une interface entre les disciplines (cf.§3.2).

Dans le présent travail, il s'agira donc pour l'essentiel d'explorer l'apport de la systématique des systèmes d'information, afin de tenter une première formalisation des processus morphologiques. En effet, le but de ce travail de thèse n'est pas de développer une application spécifique, mais plutôt de chercher à stabiliser un certain nombre de concepts qui permettraient non seulement de mieux comprendre les processus passés, mais aussi, et avec la même logique constructiviste, de pouvoir par la suite explorer les processus contemporains.

La problématique générale de la thèse s'articule donc autour de trois aspects centraux:

- La formalisation de la notion de processus morphologique, qui découle d'ailleurs d'un autre concept fortement polysémique: la forme urbaine.
- La question de l'échelle, ou plutôt des échelles spatiales et temporelles. Cette notion est centrale pour l'exploration des phénomènes territoriaux, bien qu'elle ne soit pas toujours explicitée comme telle dans la littérature morphologique.

- L'impossibilité de réduire l'information à caractère morphologique et historique à sa seule composante géographique. La prise en compte de la nature spécifique de l'information historique dans les systèmes d'information géographique impose de travailler selon un paradigme différent pour la structuration de l'information (sources hétérogènes, structures souples et jeux de données partiels).

Ainsi, en tant que première tentative de formalisation de la notion de processus morphologique, les objectifs de notre projet sont les suivants:

Structuration et réduction de la connaissance géo-historique.

Développement d'une démarche exploratoire basée sur les paradigmes interprétatifs des sciences historiques.

Ces deux objectifs peuvent ensuite se décliner comme suit:

- Définir une conceptualisation des processus morphologiques pour l'observation et la description des processus historiques de transformation de la ville et du territoire à l'aide des outils d'analyse de la science de l'information géographique.
- Formaliser les processus morphologiques par le biais d'un modèle interprétatif combinant des informations quantifiables et des connaissances conceptuelles.
- Définir un protocole de caractérisation des processus morphologiques basé sur une typologie des données historiques exploitables par un système d'information géographique.
- Examiner dans quelle mesure la structuration des données proposée et l'exploration systématique de l'information à travers le temps permettent de mettre en évidence des processus territoriaux émergents.

1.5 Méthode de recherche

La méthode de recherche adoptée consiste en une exploration progressive des bases communes de la morphologie urbaine et de la science de l'information géographique, constitutives d'une interface disciplinaire encore à définir. La rencontre proposée entre ces deux domaines privilégie avant tout un point de vue épistémologique basé sur le postulat que la technique peut être un puissant allié de la production de sens et de connaissance, grâce à son fort potentiel de *serendipity*. Cette exploration épistémologique s'appuie donc naturellement sur une démarche heuristique permettant d'éclairer, à défaut de démontrer, l'ancrage empirique des sciences du territoire et de mettre en relief la richesse encore enfouie dans les collections de données produites par la société, fussent-elles désespérément lacunaires.

Le présent travail a pour but de construire et de mettre en perspective une méthodologie exploratoire inédite qui réponde à cette posture épistémologique. Elle doit pour cela répondre à une double exigence : 1) être basée sur les techniques usuelles de traitement de l'information géographique et 2) être ancrée dans les questionnements fondamentaux de la recherche historique. La méthodologie que nous allons proposer comporte de ce fait deux volets complémentaires : d'une part la décomposition des principes de la morphologie urbaine qui nous permettront de proposer une modélisation des phénomènes qu'elle étudie et, d'autre part l'interprétation des résultats issus du traitement de l'information géographique selon un point de vue transhistorique.

En procédant de cette manière, nous voulons avant tout nous assurer que les outils conceptuels et techniques mis en œuvre sont en résonance avec la nature des questions qui motivent notre recherche. Il est donc important de souligner que notre recherche vise avant tout à élucider ces différents aspects méthodologiques, sans avoir réellement l'ambition d'élaborer le volet technologique dans sa totalité.

2. Démarche de recherche et champs problématiques

2.1 Introduction

Informatique et sciences humaines s'alimentent réciproquement depuis 1960 environ (Genet 1986; Gardin 1991). Si, à ces débuts, la question de l'impact de l'informatique sur la manière de travailler de l'historien, du sociologue, de l'archéologue et du géographe était soumise à des contraintes techniques lourdes (utilisation des cartes perforées, codage 8 bits de l'information, attribution d'un temps-machine extrêmement cher, etc.), elle a évolué au fur et à mesure de la démocratisation de l'outil pour atteindre, avec l'informatique domestique, un degré d'accessibilité hors du commun.

Ces contraintes ont certes induit par le passé un biais déterministe dans la manière de penser les sciences sociales informatisées. Or, les développements récents montrent une certaine inversion de la tendance, aussi bien au niveau du contenu (web sémantique), que dans la manière de modéliser la connaissance (réseaux sémantiques, ontologies, etc.). L'informatique est en fait de plus en plus demandeuse de nouvelles façons de structurer et de communiquer le contenu produit par les acteurs eux-mêmes. Bien que les contraintes techniques existent toujours (et soient de moins en moins compréhensibles pour les non-spécialistes), on serait tenté de dire que l'informatique commence à acquérir un premier degré de réflexivité. Réciproquement, nous pouvons dire que les techniques sont désormais bien maîtrisées, mais que leur mise en application attend toujours d'être confrontée à de nouvelles problématiques ou, c'est notre pari ici, à une remise en question de la manière de penser certaines problématiques anciennes, ayant laissé par le passé un certain goût d'inachevé à ceux qui croient en une science consciente de son enracinement dans la société et non en un universel abstrait et hors-sol.

Dès lors, l'assouplissement des contraintes techniques d'utilisation de l'outil et de structuration de la connaissance offre un potentiel de prise en compte améliorée de la complexité des phénomènes sociaux. Il semble donc possible, grâce à l'opportunité qui nous est offerte, de remettre en question le problème épistémologique de la rupture entre les approches quantitatives et qualitatives (Genet 1986) et, partant, d'enrichir les outils à disposition des chercheurs en sciences sociales en général, et en histoire en particulier (Pinol and Zysberg 1995). Pour ce faire, il nous semble essentiel d'aborder la question de la modélisation, non seulement en termes de réduction de la réalité, mais aussi, et surtout, en termes de l'ensemble du processus de production d'un modèle de connaissance.

Dans ce chapitre, nous allons esquisser dans les grandes lignes la question de la modélisation comme paradigme de recherche, puis nous déclinons les champs problématiques inhérents à cette démarche en fonction des objectifs de la recherche décrits au §1.4.

2.2 La question de la modélisation comme démarche de recherche

Notre travail est d'emblée motivé par la question de la définition d'un modèle de connaissance reflétant la complexité urbaine dans sa profondeur historique, et privilégie donc le point de vue de la recherche historique. Ainsi, bien que tout processus de modélisation impose que l'objet d'étude doive faire l'objet d'une réduction, il nous paraissait cependant nécessaire de proposer une démarche de formalisation capable de rendre compte de la richesse sémantique des processus évolutifs liés à notre objet de recherche. Nous avons identifié deux postures différentes lorsqu'il s'agit de formalisation. Dans la première, le besoin de formalisation n'existe pas tant qu'il n'y a pas une demande spécifique ou bien une opportunité de formalisation. Ce besoin ne se cristallise qu'au moment où la théorie en question atteint un degré de complexité tel qu'il devient nécessaire de normaliser la connaissance afin de la rendre compatible, et donc transmissible, à différents groupes d'intérêt distincts. En termes kuhnien, on dira que ce premier type de formalisation est une étape nécessaire du régime de la science normale (Kuhn 1983 (1962)). A contrario, la formalisation peut aussi être une forme d'exploration en profondeur par la réduction de la complexité d'un domaine de connaissance, afin d'en souligner les caractéristiques explicatives et analytiques. Formaliser ne signifie pas seulement « réduire », mais bien mettre en évidence des niveaux d'abstraction illisibles s'ils sont pris dans leur totalité ou dans la complexité du réel. Il ne s'agit pas de les évacuer, mais de les rendre aussi explicites que possible, afin de pouvoir les implémenter dans un système informatique:

- Le premier type de modélisation est l'acte de traduction des objets de la réalité vers l'univers du discours (Naumenko and Wegmann 2002). Ce type de modèle courant se restreint à proposer un agencement donné de concepts selon un point de vue privilégié. Cette réduction de la complexité fait de la modélisation un processus cognitif (*modeling*) indépendant de la problématique. C'est une posture épistémologique valable quel que soit l'objectif de la recherche. On choisit les objets qui nous intéressent et on cherche à trouver des équivalents dans un langage formel qui détermine à son tour les conditions de "modélisabilité" de l'objet.

- Le deuxième type de modélisation est à considérer du point de vue de l'interprétation. Non seulement l'objet, mais aussi le processus d'objectivation de cet objet est interprétable (c.à.d. ayant un sens identifiable) et donc modélisable dans un contexte donné. La modélisation qui nous intéresse ne se résume pas à la seule traduction du produit d'un processus à un moment donné, mais représente bien l'enrichissement sémantique des concepts qui le sous-tendent tout au long de la démarche de formalisation.

Le présent travail vise donc à offrir, par la formalisation des formes urbaines, un regard décalé sur la production historique et, partant de là, à déterminer s'il existe un avantage comparatif à développer un outil de recherche systématique. Ainsi, nous intéressons-nous à deux types de modélisation complémentaires, à savoir, la formalisation de l'objet de la morphologie urbaine et la conceptualisation du processus morphologique.

Dans notre cas, et en suivant les deux logiques de modélisation explicitées ci-dessus, on s'intéresse à la formalisation du processus morphologique en tant qu'objet de recherche et à l'évolution des conceptualisations de la ville en tant que processus signifiant. En nous plaçant dans cette double posture, nous cherchons à identifier les différents champs problématiques de l'objet et du processus de conceptualisation de l'objet. D'une part, nous nous intéresserons à l'objet formalisé et aux questions relatives à la réduction de la complexité. D'autre part, nous abordons le processus en tant qu'objet complexe nécessitant une analyse approfondie de la notion de temporalité qui lui est inhérente. Cette temporalité, nous le verrons plus loin, est à son tour double. Il y a là celle de l'objet "intrinsèquement temporel" et celle du contexte qui rend l'objet intelligible dans le temps et qui est changeant lui aussi (historicité).

2.3 Champs problématiques

Les multiples champs problématiques identifiés lors de cette tentative de traduction ont été regroupés en deux familles principales qui correspondent à nos objectifs de recherche. La figure suivante illustre cette classification et met en lumière la diversité des problématiques mises en évidence:

	Structuration et réduction de la connaissance géo-historique		Heuristique exploratoire et paradigmes d'interprétation			Limites
	Structuration des objets	Langage de formalisation	Paradigme d'interprétation	Temporalité / historicité	Echelles	
<i>Niveau épistémologique</i>	Sources de données hétérogènes	Langage naturel	Décalage historique, histoire des concepts	Historicité	Emboîtement scalaire	-
<i>Niveau sémantique</i>	Sources irréductibles à une formulation mathématique	Langage naturel	Sémiotique peircienne	Événement	Echelle de pertinence	-
<i>Niveau conceptuel</i>	Ontologies et bases de connaissance	Écriture pseudo-mathématique + OWL	Conceptual Matching	Métaprocessus	Scala di lettura vs. échelle émergente	Evolution des concepts
<i>Niveau formel</i>	Base de données géoréférencées	UML	Caractérisation	Processus	Théorie des types logiques	Structure de données rigide
<i>Niveau opérationnel</i>	Données	SQL	Indicateurs morphologiques + mesures d'historicité	Séries chronologiques + coexistence synchronique	Grain + M.A.U.P.	Jeux de données partiels

Tableau 2.1: Nature des questionnements et niveaux d'abstraction de la problématique.

Les deux familles choisies correspondent à nos objectifs de recherche et représentent, d'une part, la structuration et la réduction de la connaissance géo-historique et, d'autre part, l'heuristique exploratoire. A l'intérieur de ces deux familles, nous nous intéressons plus particulièrement aux champs problématiques concernant:

- La nature des objets et des sources ainsi que les apports de différents types de structuration.
- Le langage de formalisation de la connaissance et la relativité propre aux univers du discours qui les caractérisent.
- Les paradigmes d'interprétations propres à chacune des disciplines en jeu.
- La prise en compte de la question temporelle.
- La question des échelles en ce qui concerne l'imbrication des niveaux de détail et la production de connaissance liée aux changements de point de vue.

Ces deux familles sont ensuite recoupées par cinq niveaux d'abstraction qui se juxtaposent les uns aux autres:

- Niveau épistémologique: posture de recherche.
- Niveau sémantique: processus d'interprétation.
- Niveau conceptuel: structuration des concepts et des instances.
- Niveau formel: structuration des données.
- Niveau opérationnel: traitement des données et analyse des résultats.

Ces niveaux d'abstraction sont synthétisés en deux questions principales: 1° le processus de production de connaissance d'un point de vue urbain et historique et 2° la gestion et le traitement de l'information à caractère historique dans les bases de données géographiques. Ce découpage nous permettra de mettre en évidence les ruptures et les opportunités entre les deux disciplines qui nous occupent. De plus, nous avons identifié trois limites qui seront discutées ultérieurement (cf. §4.2, 4.3 et 5.2):

- au niveau conceptuel : relativité sémantique et historique des concepts.
- au niveau formel : structure rigide de la base de données.
- au niveau opérationnel : collections de données pauvres et/ou incomplètes.

Ainsi structuré, le cadre problématique de la recherche que nous proposons permet de procéder de manière systématique.

Enfin, nous avons basé le travail sur deux approches complémentaires qui montrent les relations qu'entretiennent les deux objectifs de la recherche, (cf. figure 2.1):

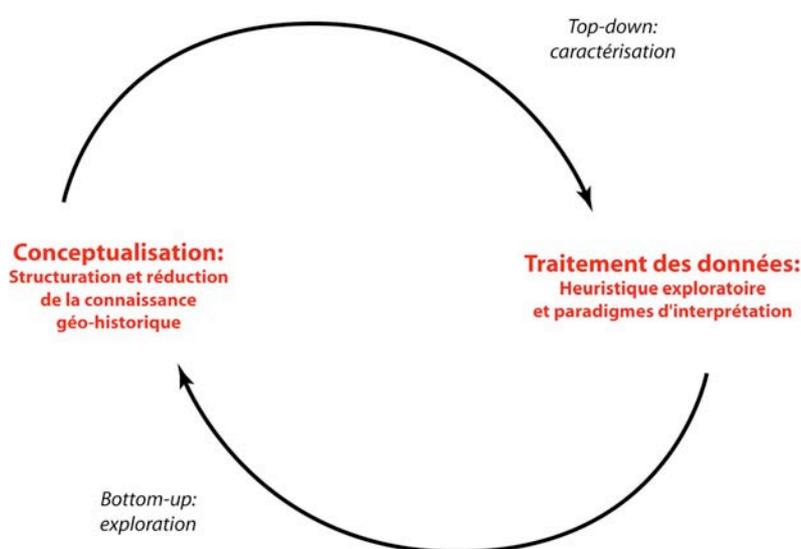


Figure 2.1: Approches bottom-up et top-down.

Il s'agit, d'une part, d'offrir une formalisation des concepts morphologiques décrits dans la littérature et de définir une méthode de caractérisation de ces concepts (approche top-down) et, d'autre part, de structurer cette information à partir des sources historiques existantes et d'en explorer le contenu afin de voir si des *patterns* émergent de cette analyse systématique. Si de telles configurations existent, il s'agit alors de les catégoriser en fonction du réservoir de concepts existants ou de créer de nouveaux concepts (approche bottom-up).

En développant cette double approche, nous voulons montrer les apports mutuels entre les deux domaines de base pour un enrichissement de la connaissance morphologique. Ainsi, en utilisant le potentiel d'exploration des systèmes d'information géographique pour la spécification empirique des concepts morphologiques, d'une part, et en élargissant la portée méthodologique de ceux-ci grâce à une extension des fonctions purement analytiques par un modèle interprétatif, d'autre part, nous nous plaçons d'emblée à l'interface de ces deux disciplines.

2.4 Un exemple paradigmatique: le cycle de développement parcellaire

Afin d'illustrer les convergences entre les deux disciplines nous nous intéresserons tout au long de cette thèse à un exemple: le processus du cycle de développement parcellaire. En effet, la traduction de ce processus illustre, nous le montrerons, l'ensemble des problématiques qui nous occuperont et peut être considéré à ce titre comme l'exemple paradigmatique de notre travail, aussi bien du point de vue de la morphologie urbaine que de la science de l'information géographique (Goodchild 1992).

Le processus du *cycle de développement parcellaire* a été étudié par Conzen dans son travail sur Alnwick³ (1969). Il est défini de la façon suivante:

“Processus de redéveloppement simple à une ou deux phases en réponse à une réévaluation socio-économique du centre-ville dans des conditions d'accroissement du pouvoir d'investissement [...]”⁴.

La figure 2.2 extraite de son travail représente les étapes d'évolution de l'occupation du sol de la Fenkle Street à Alnwick entre le milieu du XVIIIe et le milieu du XXe siècles.

³ Monographie à l'origine de l'école de morphologie urbaine anglo-saxonne.

⁴ Traduction: Eduardo Camacho-Hübner.

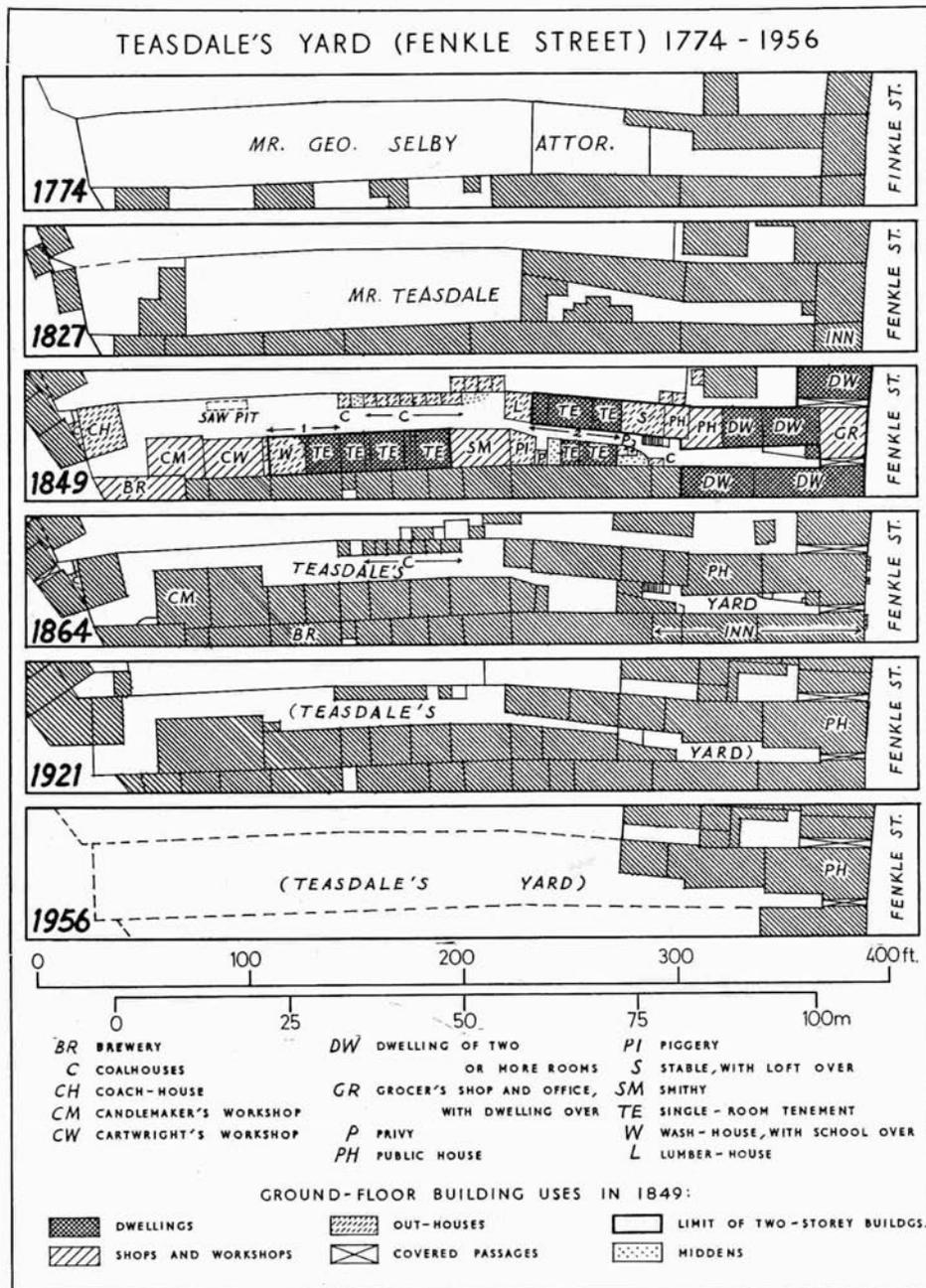


Figure 2.2: *Burgage series, Teasdale's Yard (Fenkle Street)* (Conzen 1969).

Conzen étudie de façon systématique le développement de l'occupation des terrains de cette bourgade et observe que ce processus suit un certain nombre d'étapes de densification et de redéfinition de la structure parcellaire. Il déduit de ses observations la notion de cycle parcellaire (*burgage series* et *burgage cycle*), qui se déroule de la façon suivante:

“Le stade initial de friche urbaine⁵ est suivi d'une phase de consolidation⁶ pour atteindre un stade d'occupation maximale⁷, avec en général une emprise bâtie constante dont le niveau dépend de la période morphologique étudiée. Enfin, cette occupation maximale est suivie soit d'une phase de remplacement graduel soit d'un retour abrupt à son stade initial de friche urbaine.”

Dans le glossaire édité par Larkham et Jones⁸ (1991), il est défini de la façon suivante:

“Le processus de redéveloppement est une réponse au changement d'une réévaluation socio-économique du capital investi. Dans les villes britanniques les premiers cycles de redéveloppement ont eu lieu généralement à partir de la fin du XVIIIe siècle, lorsque beaucoup de parcelles médiévales ont été dégagées devenant des friches urbaines.”

Les phases décrites sont les mêmes que celles décrites par Conzen. Toutefois, ils offrent une illustration idéalisée du déroulement du processus (cf figure 2.3).

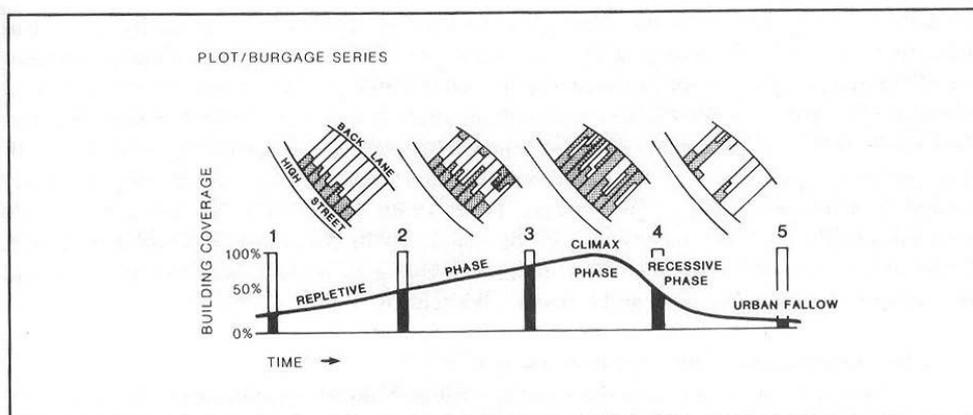


Figure 2.3: Cycle de développement parcellaire (Larkham and Jones 1991).

⁵ Urban fallow: jachère, friche urbaine.

⁶ Institutive phase.

⁷ Climax phase.

⁸ "Glossary of urban form", Peter J. Larkham and Andrew N. Jones (1991), Historical Geography Research Series, N°26.

Par rapport à la définition de Conzen, les variations de la définition sont minimales. Toutefois, l'illustration proposée par ces auteurs intègre deux éléments remarquables:

- La description des phases du cycle en tant qu'interprétation de l'évolution du taux d'occupation du sol (valeurs indexées).
- L'illustration de l'occupation du parcellaire parallèlement à la courbe d'évolution.

Ces deux éléments sont indispensables pour comprendre la conceptualisation que nous allons donner du processus morphologique, puisqu'ils montrent la complémentarité des analyses visuelle et quantitative permettant de rendre compte d'un phénomène spatial, temporel et historique. Nous reviendrons sur ces questions ultérieurement (cf. §3.2).

Enfin, Gauthiez (2003), dans son ouvrage *"Espace urbain, vocabulaire et morphologie"*, reprend la définition du cycle parcellaire de Larkham et Jones en la généralisant de la manière suivante:

"Comblement progressif des parcelles par des bâtiments, conduisant à une phase d'occupation maximale et, à la fin, soit à un dégagement en vue d'une nouvelle utilisation par reconstruction ou opération de rénovation urbaine, soit à la désurbanisation."

Le décryptage pas-à-pas de ce processus et des processus associés que nous proposerons dans les chapitres à venir, nous permettra de mettre en évidence la problématique du processus informationnel et cognitif qui nous occupe ici, notamment en ce qui concerne les connaissances nécessaires à sa représentation aussi bien qu'à l'élucidation de ses composantes conceptuelles et factuelles. En effet, nous verrons que son traitement fait appel aussi bien à l'analyse visuelle qu'à l'analyse quantitative pour rendre possible son interprétation et sa caractérisation. Enfin, les données disponibles dans notre base de données historiques nous permettront de montrer la pertinence de l'analyse des traces issues de l'exploration des données pour la production de connaissance.

Le rôle de cet objet dans la motivation de ce travail est donc double: il a permis de développer l'outillage conceptuel et les principes méthodologiques, d'une part, et, en tant qu'illustration (quasi-)intuitive de la démarche, d'expliquer de façon didactique certains aspects trop abstraits de notre problématique, d'autre part.

2.5 Présentation du corpus de données géo-historiques disponible

En plus des aspects purement problématiques et méthodologiques, notre étude du cycle de développement parcellaire est basée sur l'exploration du corpus cartographique développé par la Direction du Patrimoine et des Sites et de l'Inventaire des Monuments d'Art et d'Histoire du Canton de Genève. La base de données mise à notre disposition porte le nom de *géopatrimoine*⁹ et comporte les données suivantes:

Plans raster géoréférencés¹⁰:

- Plan Billon (1726-1728): *"Le plan résulte de la numérisation, de la géoréférence et de l'assemblage des 34 planches du plan de la ville de Genève levé entre 1726-1728 par l'architecte Jean-Michel Billon. Les points de calage ont été définis à partir de l'identification des bâtiments restés inchangés depuis le XVIIIe siècle et d'une comparaison avec les plans Céard et Grange."* (cf. Figure 2.4).



Figure 2.4: Plan Billon (extrait).

⁹ <http://etat.geneve.ch/geoportail/geopatrimoine/>

¹⁰ Descriptions extraites du site internet du Systèmes d'information du territoire Genevois, www.sitg.ch

- Plan Céard (1837-1840): "Le plan résulte de la numérisation, de la géoréférence et de l'assemblage des 30 planches du plan de la ville de Genève dressé par le géomètre François Janin entre 1837 et 1840. Les points de calage ont été définis à partir de l'identification des bâtiments restés inchangés depuis le milieu du XIXe siècle et d'une comparaison avec le plan Grange. Le plan a été réalisé dans le but de faciliter l'usage du plan Céard et permettre sa comparaison avec la situation actuelle de la ville et avec des reconstitutions historiques ou archéologiques de son développement. La géoréférence et l'assemblage du plan Céard ont été faits sur mandat de l'Inventaire des monuments d'art et d'histoire du canton de Genève (DCTI) par l'entreprise Flotron AG, Meiringen." (cf. Figure 2.5).



Figure 2.5: Plan Céard (extrait).

- Plan Grange (1896-1911): *“Le plan résulte de la numérisation, de la géoréférence et de l'assemblage des 51 planches du plan de la ville de Genève levé entre 1896 et 1911 par le géomètre Jean François Grange.”* (cf. Figure 2.6).



Figure 2.6: Plan Grange (extrait).

Données vecteur extraites des plans ci-dessus:

- Plan Billon: parcellaire: *“Le principe de base consiste à superposer une couche vecteur récente sur une image d'un plan raster plus ancien et à les comparer. La digitalisation des parcelles Billon à été obtenue par la superposition de la couche DPS_GRANGE_PARC sur le plan raster BILLON (1726-1728) et par comparaison des objets entre eux, selon la méthode régressive, toutes les parcelles présentant la même géométrie que celles issues de la couche DPS_GRANGE_PARC ont été récupérées depuis celle-ci et celles exprimant une différence partielle ou totale ont été digitalisées sur la base du plan raster BILLON (1726-1728).”* (cf. Figure 2.7).

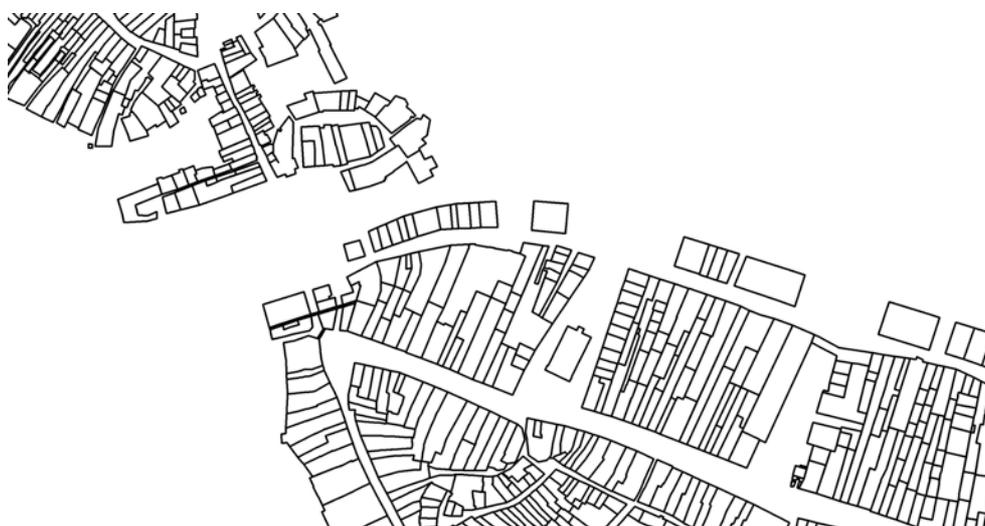


Figure 2.7: Parcellaire extrait du plan Billon (extrait).

- Plan Grange, parcellaire: *“La digitalisation des parcelles Grange à été obtenue par la superposition de la couche CAD_PARCELLE_MENSU (2004) sur le plan raster GRANGE (1896-1911) et par comparaison des objets entre eux, selon la méthode régressive, toutes les parcelles présentant la même géométrie que celles issues de la couche CAD_PARCELLE_MENSU ont été récupérées depuis celle-ci et celles exprimant une différence partielle ou totale ont été digitalisées sur la base du plan raster GRANGE (1896-1911).”* (cf. Figure 2.8).

- Plan Grange, bâti: "La digitalisation des bâtiments Grange à été obtenue par la superposition de la couche CAD_BATIMENT_HORSOL (2004) sur le plan raster GRANGE (1896-1911) et par comparaison des objets entre eux, selon la méthode régressive, tous les bâtiments présentant la même géométrie que ceux issus de la couche CAD_BATIMENT_HORSOL ont été récupérés depuis celle-ci et ceux exprimant une différence partielle ou totale ont été digitalisés sur la base du plan raster GRANGE (1896-1911)." (cf. Figure 2.8).



Figure 2.8: Parcenaire et bâti extraits du plan Grange (extrait).

Outre ces données historiques, nous avons reçu le soutien du Système d'Information du Territoire Genevois qui a mis à notre disposition les données récentes:

- Plan d'ensemble 1:2500: Plan de ville construit à partir de l'assemblage du parcellaire et du bâti. Depuis 2002, il est produit automatiquement à partir des éléments de la base de données. (cf. Figure 2.9).

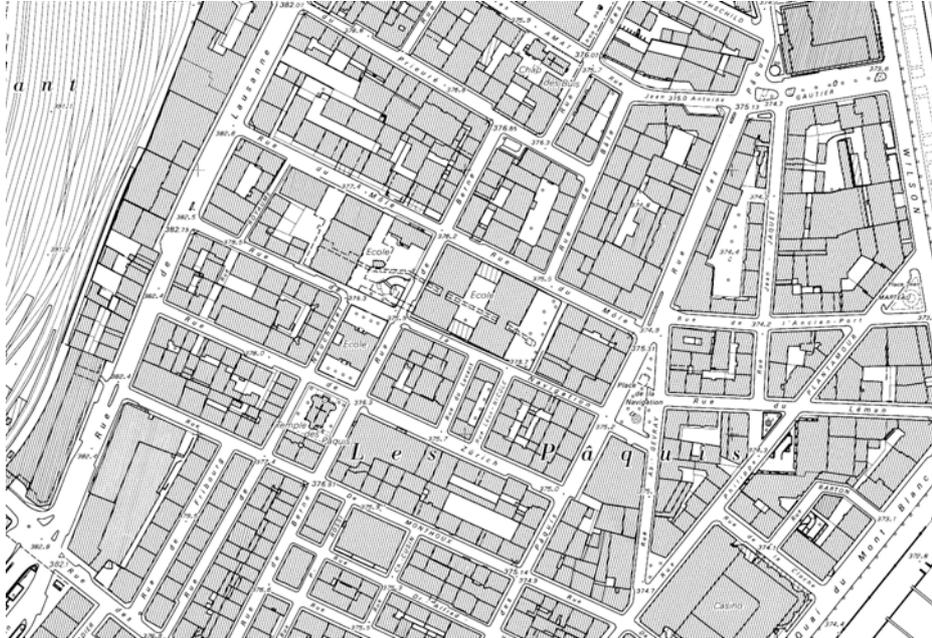


Figure 2.9: Plan d'ensemble (extrait).

- Parcellaire actuel (CAD_PARCELLE_MENSU):
"Parcelles en vigueur. Immeuble selon l'article 943 alinéa 1 du Code Civil Suisse: 'est une parcelle ou un bien-fonds toute surface de terrain ayant des limites déterminées de façon suffisante' (article 3 alinéa 2 de l'Ordonnance sur le Registre Foncier, RF). Une parcelle en vigueur est un droit réel immatriculé au RF." (cf. Figure 2.10).

- Bâti actuel (CAD_BATIMENT_HORSOL): *“Les bâtiments hors-sol sont des constructions durables, bien ancrées dans le sol et servent à l’habitat, à l’artisanat ou à l’industrie au sens large.”* (cf. Figure 2.10).



Figure 2.10: Bâti et parcellaire actuels (extrait).

Enfin, sans les exploiter directement, nous avons complété ces jeux de données par des données à l’échelle du paysage. Ces cartes sont soit anciennes (cartes Siegfried et cartes Dufour), soit récentes (cartes nationales 1:25’000 et données vecteur y associées).

La figure ci-dessous synthétise les jeux de données à disposition et montre la profondeur historique et l’étendue géographique de l’ensemble des sources disponibles pour notre travail.

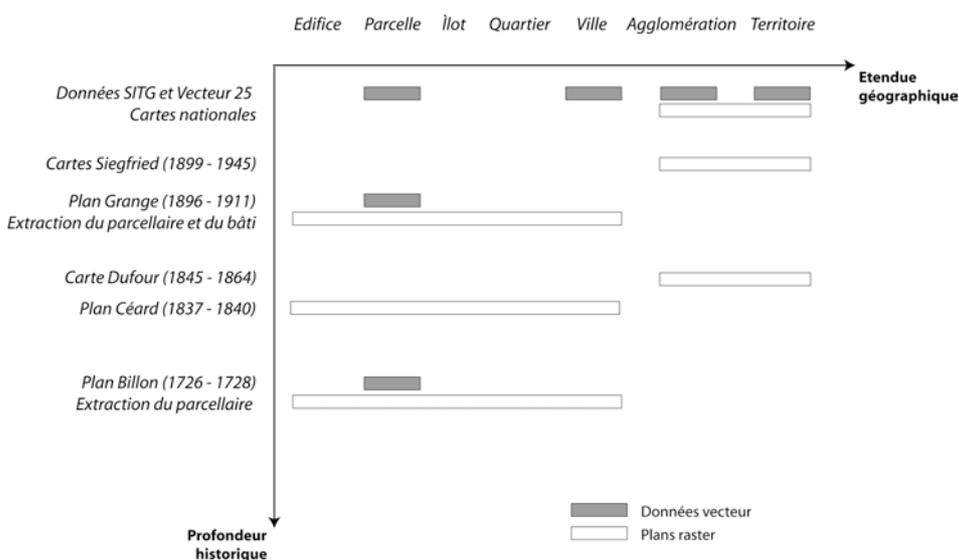


Figure 2.11: Etendue géographique et profondeur historique des sources.

2.6 Synthèse et conclusions du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons explicité les champs problématiques liés à la question de la modélisation des phénomènes urbains d'un point de vue historique. Pour ce faire, nous avons:

- mis en relation des objectifs de recherche avec la question du modèle de connaissance par le biais de la notion de modélisation.
- défini le corpus de données à partir duquel nous élaborons notre méthodologie exploratoire.

Nous avons aussi choisi d'illustrer les convergences entre ces démarches par un exemple issu de la littérature morphologique. Ce choix n'est pas arbitraire. En effet, l'objet étudié, le cycle de développement parcellaire, servira par la suite de "fil rouge" qui nous permettra d'enrichir de façon systématique notre propos au fur et à mesure que nous aborderons les autres niveaux d'abstraction nécessaires à la démonstration.

Au chapitre suivant, nous ferons le parallèle entre les démarches de la morphologie urbaine et de la science de l'information géographique. Nous montrerons les convergences existantes entre ces deux disciplines, motivant le développement d'une interface commune.

II. Fondements de la problématique

“Le monde est la totalité des faits, non des choses.”

Ludwig Wittgenstein, *Tractatus logico-philosophicus*, 1922

“L'historien ne limite pas son œuvre à l'établissement des faits: il les groupe, les agence, les construit; il en veut constituer un certain système de connaissance qui soit une certaine science, qui soit l'histoire.”

François Simiand, 1903



3. Convergences entre la morphologie urbaine et les systèmes d'information géographique

3.1 Introduction

Science descriptive issue de la géographie historique pour l'école anglo-saxonne (Whitehand 1977; Conzen 2001; Whitehand 2001) et croisée avec les apports de l'architecture « anti-moderne » italienne (Cataldi, Maffei et al. 2002; Marzot 2002), la morphologie urbaine s'est développée en un « marché de niche » à cause de son échelle de prédilection, la parcelle (Vernez Moudon and Hubner 2000), et de son intérêt pour l'histoire urbaine du point de vue des configurations spatiales issues d'un système de causalité complexe (Allain 2004; Conzen 2004).

Les principales interrogations de la morphologie urbaine peuvent s'inscrire en deux grands groupes : la caractérisation des formes et la description des processus morphologiques. Chacun de ces deux groupes se caractérise : 1° par la prise en compte des questions liées au jeu multi-échelles entre les formes¹¹ et 2° par la manière dont est prise en compte la temporalité intrinsèque à son objet d'analyse¹². Ces deux facteurs ont une grande importance dans la conceptualisation de notre interface, car, comme nous le verrons plus loin (cf. §4.2), les SIG sont particulièrement efficaces pour traiter des informations multi-échelles et synchroniques, mais présentent des limitations aussi bien conceptuelles que formelles dans le traitement des données proprement historiques. En effet, ils s'avèrent redoutables pour la formalisation des questions liées à la caractérisation de la forme par le biais d'indicateurs morphologiques, car ils disposent d'une large palette d'outils d'analyse des arrangements spatiaux (relations géométriques et

11

La morphologie urbaine s'appuie comme sa grande sœur, l'histoire, sur de nombreuses sciences auxiliaires qui permettent d'enrichir les points de vue sur son objet d'étude et, partant, offrent un contexte explicatif et interprétatif riche.

12

En utilisant les catégories de la linguistique, nous dirons que l'analyse des formes est synchronique et l'étude des processus diachronique.

topologiques) de même que pour la mesure et la description de la nature de l'occupation du sol (données thématiques). Nous aborderons aussi les questions de formalisation et de représentation cartographique des résultats, domaines où les techniques numériques actuelles sont totalement compatibles avec les exigences de la morphologie urbaine.

De plus, nous montrerons comment le choix d'une approche temporelle donnée dépasse l'analyse de l'évolution du seul objet d'étude et dépend entièrement de la finalité du modélisateur. Ainsi, nous ferons la distinction entre la posture historique et morphologique (étude de l'évolution passée) et la posture prospective (simulation numérique de l'évolution future), dont le but ainsi que les méthodes y relatives diffèrent. Ce constat n'est pas banal puisqu'il définit les limites de notre approche très en amont de la formalisation des notions qui nous intéressent.

Ce chapitre est structuré de la manière suivante:

- Description du parallèle méthodologique entre la morphologie urbaine et la géomatique.
- Illustration de la démarche par un exemple morphologique.

3.2 Parallèle méthodologique

3.2.1 Convergence des démarches

Afin de mieux saisir les spécificités et les points de convergence propices au développement d'une interface entre les deux disciplines de départ, il semble nécessaire de broser dans les grandes lignes l'univers cognitif dans lequel s'inscrit notre travail. En effet, la terminologie des sciences du territoire est truffée de concepts polysémiques (la forme, par exemple) et de néologismes en tout genre. Cette relativité d'ordre sémantique rend souvent difficile l'appréhension, par les acteurs d'une discipline donnée, des problématiques partagées par les acteurs d'une autre discipline. Afin donc de clarifier l'apport de notre travail à cette problématique interdisciplinaire, nous commencerons par une illustration des parallèles méthodologiques entre les deux disciplines qui nous occupent (cf. figure 3.1).

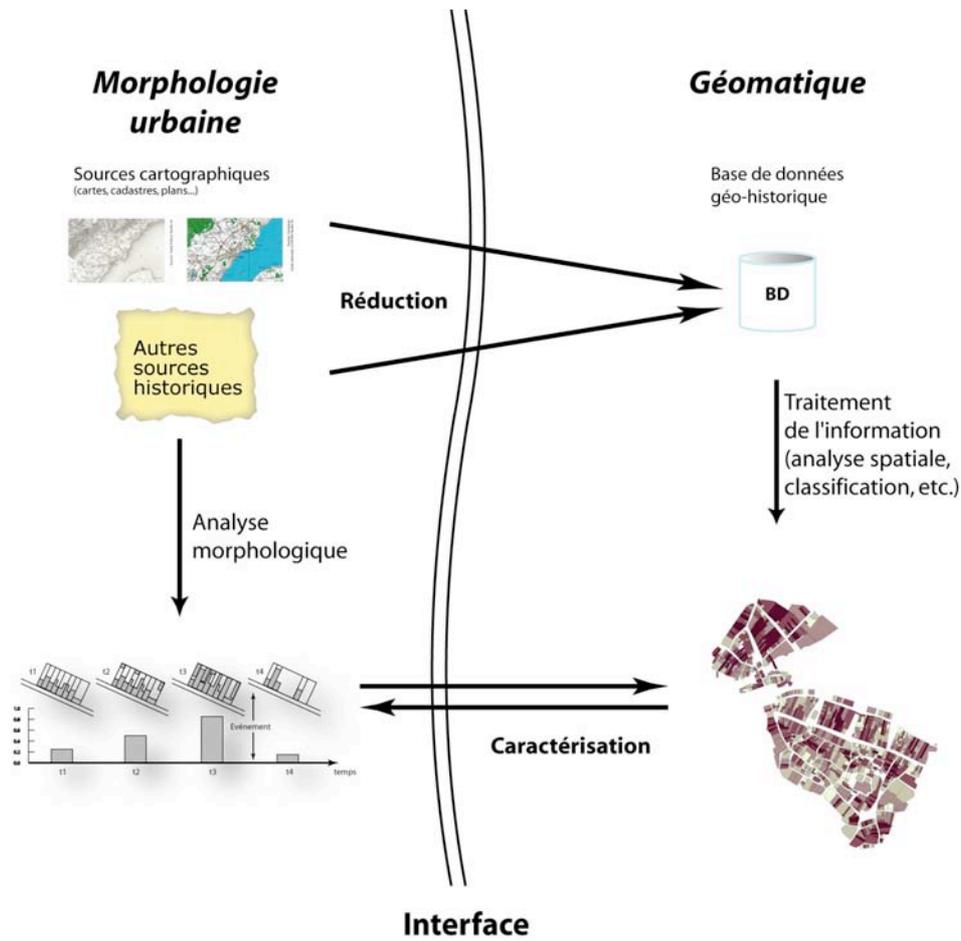


Figure 3.1: Parallèle méthodologique entre la morphologie urbaine et la géomatique.

De tous les questionnements qui émergent de l'observation du territoire, que ce soit des interactions entre individus à l'organisation spatiale de vastes territoires, la morphologie urbaine se focalise essentiellement sur l'analyse formelle d'un état donné de la ville (comme configuration spatiale particulière du territoire) à une échelle donnée. En première approximation, nous dirons donc que l'approche consiste à soumettre un ensemble de données - coexistantes et capables de décrire une situation concrète - à une analyse déterminée par notre système perceptif, permettant ainsi de faire émerger une connaissance sur la forme urbaine et son évolution (Allain 2004).

D'un autre côté, les systèmes d'information géographique se basent sur l'approche systémique (Golay 1992; Le Moigne 1994 (1977)), qui permet de structurer toutes sortes d'informations géographiques auxquelles il est possible d'appliquer des méthodes quantitatives, afin d'analyser et d'explorer leur contenu, puis de les représenter sous la forme de cartes (Chrisman 2002 (1997)).

Jusqu'ici, les contacts entre les deux disciplines ont été essentiellement liés à la reconstruction de cadastres anciens (Hunter and Williamson 1990; Koster 1998; Lilley, Lloyd et al. 2005). La cartographie historique utilise de plus en plus les outils d'analyse spatiale (Thrall, McClanahan et al. 1995; Arnaud 2008) et les fonctions de géolocalisation et de drapage (Schenk 1993; Knowles 2002).

Dans notre travail, nous cherchons à montrer que, grâce à une structuration des données géo-historiques, il est possible de systématiser les étapes de l'analyse morphologique et, partant, de profiter des outils d'analyse spatiale des SIG pour explorer et caractériser un certain nombre de phénomènes urbains à l'échelle parcellaire (Vernez Moudon and Hubner 2000).

3.2.2 La démarche analytique en histoire

L'approche historique est basée sur la recherche de sources d'archive qui seront restructurées afin de pouvoir être analysées de façon systématique en fonction d'une problématique donnée. Une manière de restructurer ces informations consiste à établir des séquences temporelles concernant un aspect particulier de la problématique, représentatif de l'évolution du phénomène étudié (Furet 1971). Lorsque ces informations sont réductibles à des données quantifiables, on peut procéder à l'analyse des processus historiques représentés par ces séries chronologiques (temporalité). Toutefois, les informations contenues dans les archives ne peuvent pas toutes être réduites à ces séquences temporelles et la structuration d'informations de nature purement contextuelle est utilisée ensuite pour l'interprétation des résultats de l'analyse numérique (historicité). La démarche générale de constitution des séries chronologiques peut être synthétisée comme suit:

- Constitution du corpus.
- Structuration de l'information.
- Analyse et interprétation des résultats.

Constitution du corpus historique

La première étape consiste à déterminer s'il existe dans les sources d'archives étudiées des informations comparables sur une période plus ou moins longue. En effet, les sources historiques sont souvent lacunaires et hétérogènes, non seulement à cause des aléas de la conservation (Furet 1971, Guyotjeannin 1998), mais aussi à cause des contextes de production de l'information très différents (Bertrand 2005). D'une manière générale, la nature des informations accessibles via les archives peut être:

- Textuelle (chroniques, récits, documents administratifs, etc.).
- Tabulaire (registres, grosses, cadastres, etc.).
- Iconographique (tableaux, gravures, miniatures, photographies, etc.).
- Cartographique (cartes, plans, etc.).

Ces données sont regroupées et cataloguées selon la problématique étudiée: le corpus historique. Cette organisation des informations selon leur nature, leur origine (documents administratifs ou privés), etc. définit les catégories qui déterminent le champ de validité de l'analyse et a une influence sur la manière dont les phénomènes sont appréhendés et étudiés (Handlin, Schlesinger et al. 1954). Cette caractéristique propre à l'organisation des informations permet par ailleurs l'émergence de connaissances supplémentaires et définit les *constructions typologiques*, c'est-à-dire celles dont "*l'auteur tire des inférences relatives à des faits qui ne sont [pas] contenus dans la représentation initiale [des] objets.*" (Gardin 1979).

Structuration des séries chronologiques: de la saisie au codage

La séquentialité des données mesurables est très variable dans le temps et dans l'espace. En effet, pour les périodes anciennes, les grands récits ou les vastes enquêtes sont plutôt rares (par exemple, cf. (Stow 2005)). Par contre, dans des régions uniformément gouvernées ou subissant l'influence d'un pouvoir centralisé pendant des périodes plus courtes, un nombre important de documents (administratifs ou privés) de nature similaire existent et permettent une comparaison robuste (à titre d'exemple, cf. (Corboz, Léveillé et al. 1993-1999)). Une fois ces sources identifiées (cadastres, grosses, héritages, ventes, mutations, etc.) et la saisie réalisée, il reste à constituer les catégories pour une structuration pertinente qui permettra l'agrégation et le traitement des données. Cette opération est aussi connue sous le nom de *codage* (Zysberg 1987; Pinol and Zysberg 1995; Lemerrier and Zalc 2008).

Analyse et interprétation

Une fois les données acquises et structurées, les différentes comparaisons peuvent être effectuées moyennant quelques adaptations. Ces adaptations de l'information peuvent être de nature correctrice (calage des plans, correction des déformations géométriques, mise en évidence des erreurs de transcription, suppression des valeurs aberrantes, etc.) ou comparative (normalisation, uniformisation, indexation à une valeur de référence et codage).

Ainsi, à partir des séries corrigées, l'analyse quantitative concerne la recherche de régularités ou d'irrégularités pouvant être interprétées en fonction des informations contextuelles disponibles. Il s'agit donc, dans ce cadre, de chercher les variables explicatives à tel ou tel phénomène mis en question.

Cette approche, essentiellement analytique (économétrie, analyse spatiale, analyse sémantique de contenu, etc.), permet de confirmer des hypothèses, ainsi que des règles limitant leur cadre de validité (conditions de bord). La part d'interprétation liée à ces observations empiriques reste très importante et détermine, dans un second temps, le champ de validité de l'apport des méthodes numériques traditionnelles (statistiques, par exemple) par rapport aux apports des approches heuristiques d'analyse possibles sur le corpus historique ainsi déterminé (Genet and Lafon 2003).

3.2.3 Méthodes d'analyse morphologique

En tant que discipline historique, la morphologie urbaine applique dans les grandes lignes la démarche historique décrite ci-dessus. Toutefois, l'analyse morphologique possède quelques spécificités qu'il est nécessaire d'expliquer.

Traditionnellement, les analyses empiriques concernant la morphologie sont de deux ordres distincts: visuels et quantitatifs. En effet, l'analyse morphologique est une combinaison de diverses méthodes d'observation et de caractérisation, dont le but est de rendre intelligible une configuration spatiale représentée dans un contexte historique donné. Ces deux types d'analyse sont en effet largement admis et ont pour corollaire de souligner le caractère éminemment descriptif de la morphologie urbaine. Par conséquent, elles réduisent la lecture à un niveau essentiellement synchronique, qui se prête, par définition, à l'analyse des données entre elles à un instant donné de l'histoire, évitant ainsi en première approximation la question temporelle. Ensuite, les indicateurs et les résultats de l'analyse du corpus iconographique sont "mis en mouvement", soit par des séries temporelles, soit par comparaison entre au moins deux états distants d'un laps de temps donné.

Analyse visuelle

L'analyse visuelle des cartes produites permet de mettre en évidence des régularités ou des différences formelles (au sens de la forme urbaine) à partir de la lecture d'un plan donné. En effet, la lecture comparative de deux plans ou plus se succédant dans le temps montre clairement les transformations d'une période à l'autre¹³. Qu'il s'agisse de représentation statique ou dynamique, l'analyse visuelle des séquences normalisées est très répandue dans les études historiques urbaines¹⁴. A titre d'exemple, nous pouvons citer: l'évolution de Londres (Rasmussen 1948 (1934)), la croissance de la région de Washington D.C. (Acevedo and Masuoka 1997), les tableaux de variantes diachroniques (Caniggia and Maffei 2000; Malfroy 2001), etc.

Analyse quantitative

La réduction de la complexité de la connaissance morphologique à quelques grandeurs mesurables ne suffit pas à rendre compte de la richesses des phénomènes dits anthropiques. La perte de richesse résultante est toutefois contrebalancée par un gain indéniable lorsqu'il s'agit de traiter l'information de façon systématique. En effet, l'étude basée sur l'analyse des grandeurs mesurables rend possible:

- La cartographie des phénomènes urbains (grâce aux cartes choroplèthes, par exemple), facilitant leur analyse visuelle (recherche de *patterns* reconnaissables).
- Le déploiement des outils d'analyse spatiale comme, par exemple, la statistique descriptive (Feinstein and Thomas 2002; Lemerrier and Zalc 2008) ou encore l'Exploratory Data Analysis (Anselin 1995).

¹³

La question de la reconnaissance automatique des formes, permettant de s'affranchir partiellement du travail de reconnaissance dépendant du background de l'observateur, n'est pas considérée comme un objectif de la présente recherche.

¹⁴

L'intérêt d'une représentation dynamique se justifie pleinement dès lors que l'on cherche à comparer de façon simultanée l'évolution différentielle d'un indicateur entre deux lieux co-présents sur la carte ou lorsqu'il est question de mesurer le *taux de transformation* d'une configuration spatiale donnée.

3.2.4 Le traitement de l'information par des outils géomatiques

D'un point de vue purement opérationnel, le découpage systématique du territoire en couches d'objets homogènes effectué dans le cadre de l'analyse morphologique est en total accord avec la philosophie des SIG. La caractérisation de la forme urbaine du point de vue spatial consiste en effet à trouver des mesures qui permettent de mettre en évidence les spécificités d'un arrangement spatial par rapport à un autre à une échelle donnée. Ces mesures sont appelées indicateurs morphologiques. Ces indicateurs sont a priori indépendants du facteur temps, et la composante historique des arrangements spatiaux peut être retrouvée sous la forme d'une donnée contextuelle permettant de résumer les spécificités du mode constructif ou de la composition urbaine à une époque donnée. En termes des SIG, cette information temporelle peut être gérée de deux manières distinctes: 1° par les métadonnées ou 2° par les attributs. S'il s'agit d'une donnée s'appliquant à un état général, on parlera alors de la métadonnée **année de production** d'une carte ou d'une couche de données, par exemple. S'il s'agit d'un arrangement spécifique ou d'un bâtiment donné, alors c'est grâce à l'attribut [*date de construction*] de ces objets que la temporalité peut être mise en évidence. D'une manière générale, les indicateurs utilisés dans l'analyse synchronique permettent de différencier sur une couche d'information donnée les structures issues de périodes différentes ou datant de la même époque mais produites selon des standards différents¹⁵.

Le principal avantage des indicateurs morphologiques réside donc dans la transformation de la nature de l'information liée à la forme urbaine, passant d'une information hétérogène et descriptive à une information structurée et spatiale définie par des relations géométriques, topologiques et sémantiques. Cette information est dès lors facilement exploitable grâce au langage SQL (*structured query language*). Ainsi, en ancrant la question de la forme dans un champ purement spatial, il devient possible non seulement de saisir la question liée à la perception de la forme urbaine de manière quantitative (par le biais de la cartographie et des graphes), mais aussi et surtout de pouvoir rattacher à ce type de données d'autres informations territoriales (comme les données socio-économiques, par exemple).

Bien que la question de la pertinence des indicateurs morphologiques soit encore et toujours un sujet de débat, ils permettent dans notre cas de proposer un modèle comparatif, rendant possible la construction d'une typologie des différentes configurations spatiales coexistantes. Parmi les indicateurs les plus répandus, nous pouvons citer le coefficient d'occupation du sol ou encore le coefficient d'utilisation du sol, mesures surfaciques permettant de spécifier l'emprise au sol ou encore la densité de surface de plancher d'un bâtiment. Ainsi, alors qu'ils ne sont pas suffisants pour donner une indication précise du mode de production de l'habitat¹⁶, ils peuvent servir à discriminer de façon concrète deux arrangements spatiaux proches grâce à la systématisation de leurs caractéristiques géométriques et/ou topologiques.

¹⁵ Outre l'usage purement descriptif et historique, un certain nombre d'indicateurs sont généralement utilisés dans le cadre de la planification urbaine pour pouvoir discuter des options urbanistiques sur une base « objective ». En ce sens, ils sont fondamentalement identiques aux indicateurs utilisés dans tout autre processus décisionnel.

¹⁶ Le nombre et la nature des indicateurs nécessaires à cette tâche sont importants et seules de très rares études ont cherché à vérifier l'indépendance des mesures entre elles par une méthode factorielle Quincero, R. and J. Moglia (1986). Morphologie urbaine. Indicateurs quantitatifs de 59 formes urbaines choisies dans les villes suisses (2 vol.). Genève, C.E.T.A.T. - Ecole d'Architecture de l'Université de Genève.

3.3 Exemple: le cycle de développement parcellaire

La caractérisation du cycle de développement parcellaire (cf. §2.4) nécessite le traitement conjoint des informations liées au parcellaire et au bâti. Les indicateurs utiles pour décrire cette évolution sont des indicateurs d'occupation du sol (densité, coefficient d'utilisation du sol, compatibilité des fonctions, etc.). Nous reviendrons plus en détail sur le processus informationnel rattaché à l'occupation du sol au chapitre 6, mais il est toutefois intéressant de remarquer dès à présent que le rapport mesuré entre les deux couches d'information permet de réduire la complexité du phénomène en le ramenant à un niveau homogène et représentatif du phénomène d'ensemble.

De plus, outre ce traitement spatial, la question temporelle de l'évolution devient aisément saisissable grâce à la mise en série d'un unique indicateur. La courbe résultante nous montre ainsi les phases successives de l'occupation du parcellaire (cf. figure 3.2).

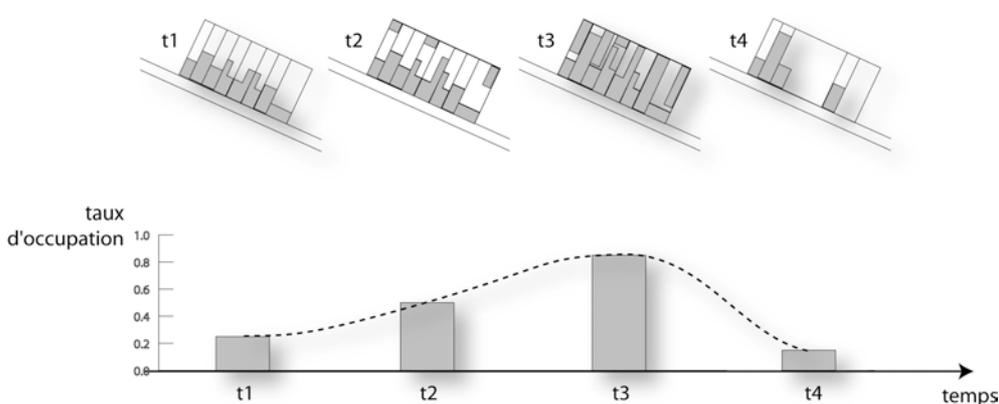


Figure 3.2: Evolution de l'emprise au sol des bâtiments par rapport à la surface parcellaire.

D'un autre côté, nous observons que l'information quantitative est doublée par la représentation de l'occupation bâtie du même îlot à travers le temps. Bien que les deux informations puissent sembler redondantes, la part visuelle nous permet de comprendre les différentes modalités d'occupation qui ne sont pas explicitées par l'indicateur. D'un point de vue interprétatif, ils sont donc essentiels pour la compréhension d'ensemble du phénomène.

3.4 Principe de construction des indicateurs pour la caractérisation des formes urbaines

A partir de l'exemple ci-dessus, nous pouvons illustrer la démarche de caractérisation des formes urbaines par la mise en évidence d'une ou plusieurs propriétés des objets étudiés permettant de les décrire de façon univoque. En termes des systèmes d'information, on parlera alors d'attributs, géométriques et thématiques, de l'information.

Réciproquement, les formes ainsi caractérisées sont les seules à posséder la ou les propriétés en question. Nous chercherons donc en priorité des indices caractéristiques traduisibles en termes logiques et/ou algébriques, afin de procéder aux requêtes dans la base de données. Par exemple, *si rapport largeur/profondeur des parcelles: $l:b=1:5$, alors type_parcellaire="allongé"*.

Cette traduction permet ensuite de comparer et de représenter les résultats de l'analyse, tout en soulignant leur spécificité. Cette spécificité peut dès lors être mise en évidence par une représentation cartographique (cf. figure

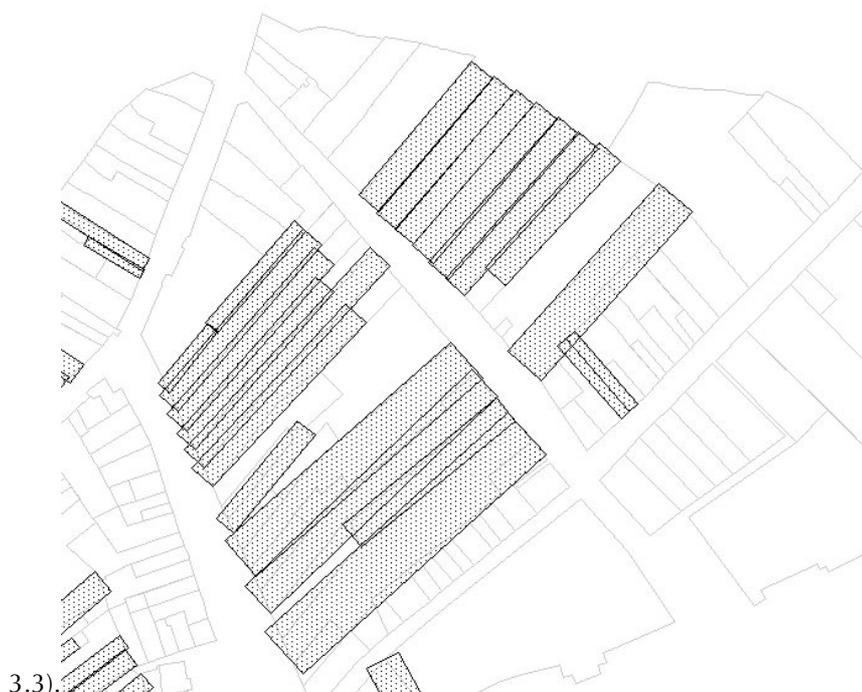


Figure 3.3: Indices caractéristiques (parcellaire "allongé" du plan Billon).

Si les résultats obtenus par la méthode de caractérisation simple se prêtent encore à des interprétations différentes, il faut chercher des *valeurs discriminantes* qui différencient les cas proches. Par exemple: *si rapport largeur/profondeur des parcelles: $l:b=1:6$ et $occupation_sol > 70\%$, alors type_parcelle="lanière"* (cf. figure 3.4).



Figure 3.4: Valeurs discriminantes ("lanières" du plan Grange).

Enfin, si ces nouveaux résultats sont interprétables tels quels, la caractérisation est alors considérée comme correcte. Sinon, on cherche d'autres mises en relation possibles, soit à la même échelle (par composition avec d'autres indicateurs), soit à l'échelle supérieure (par agrégation des unités spatiales), et ainsi de suite.

3.5 Synthèse et conclusions du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons fait le parallèle méthodologique entre les deux disciplines qui motivent notre travail. Nous avons montré qu'il existe un certain nombre de points communs qui justifient le rapprochement que nous en avons fait. Ainsi, les questions d'organisation, structuration, cumul et généralisation de l'information sont des outils conceptuels communs aux deux démarches. Nous avons aussi abordé la question de la mesure des réalités spatiales par le biais des indicateurs. Ces grandeurs ne sont pas uniquement utiles pour réduire la complexité des phénomènes aux seuls faits mesurables; elles sont surtout utiles pour transformer la nature de l'information, ouvrant ainsi la voie à d'autres formes de représentation. Ces deux aspects, quantitatif et visuel, définissent donc les outils conceptuels de base pour la construction cognitive commune qui nous intéresse.

Enfin, à la figure 3.1 au début de ce chapitre, nous pouvons aussi observer que le passage de la ligne de démarcation entre les deux disciplines fait émerger deux questions:

- La réduction de la connaissance.
- La généralisation du principe de caractérisation des phénomènes urbains.

La première interrogation découle de la nature même de la connaissance historique, tandis que la deuxième est d'ordre interprétatif et donc davantage liée au mode de production de la connaissance, que nous appellerons désormais le processus informationnel et cognitif. Au chapitre suivant nous discuterons de l'identification des limites à la réduction de la connaissance historique pour son implémentation dans une base de données géoréférencée. La question du processus informationnel de production de connaissance sera, quant à elle, traitée aux chapitres 6 et 7.

4 Limites et ruptures

4.1 Introduction

Au chapitre précédent, nous avons illustré le parallèle entre la morphologie urbaine et la géomatique. Nous avons vu que nombre de points communs permettent a priori de tenter la systématisation de la démarche de l'une, grâce aux outils et méthodes de l'autre. Ce travail méthodologique pose néanmoins deux questions qui sont de l'ordre de la traduction: 1° la réduction et 2° la caractérisation de la connaissance historique.

En premier lieu, se pose donc la question de la réduction de la connaissance historique. Nous allons l'aborder sous l'angle des limites concrètes à l'application du principe d'exhaustivité qui justifie la généralisation des outils statistiques à l'étude des phénomènes territoriaux par les sciences de l'information (Marble 1990). Ensuite, nous verrons comment, derrière ces limites opérationnelles, se cachent en fait un certain nombre de ruptures épistémologiques nécessitant la construction d'un univers du discours "aménagé" pour délimiter l'étendue de notre problématique.

Ce chapitre est structuré de la manière suivante:

- Identification des limites à la réduction de la connaissance historique.
- Discussion des ruptures épistémologiques et définition du paradigme de recherche.

4.2 Limites à la réduction de la connaissance historique et urbaine: de la nature des sources historiques

4.2.1 Hétérogénéité des sources

Le processus de constitution des connaissances par leur mise en cohérence sous la forme d'un corpus historique présente une problématique intéressante du point de vue de "la vie de l'information". En effet, le lien entre le contenu et la structure dudit corpus montre qu'ils sont consubstantiels du message porté par la connaissance qui émerge de leur *mise en système*.

Il est donc intéressant d'énumérer les caractéristiques de cette connaissance historique à partir de la question de la source, où tous ces éléments participent au "*réaménagement de la mémoire*" (Guyotjeannin 1998). Ces problématiques sont liées à:

- La finalité de l'objet devenu source (commanditaire, usage...).
- Le contexte de production (langage utilisé, sémiologie...).
- La modalité de fabrication (artisanale, production de faux...).
- Les transformations matérielles subies (copies, palimpsestes, traductions, variantes...).
- La conservation matérielle (étude des taux de conservation).
- L'exploitation des sources (modes de représentation, mise en série, constitution des corpus, plans de classement...).

Afin de gérer cette hétérogénéité, un premier découpage consiste à classer l'information à caractère historique en trois familles distinctes en fonction de leur degré de traitement:

- Les sources primaires regroupent les documents produits par les témoins directs de l'événement. Elles sont donc constituées des données originales n'ayant pas encore fait l'objet d'une interprétation.
- Les articles, rapports, mémoires, thèses, etc. rédigés à partir des données originales constituent les sources secondaires. D'autres sources secondaires consistent en une reformulation, une réinterprétation des idées qui ont servi à l'élaboration des documents de "première main". La synthèse produite peut, par exemple, croiser plusieurs sources ou interprétations, apporter des éclairages méthodologiques ou des généralisations à partir des documents faisant état des premières analyses.
- Les sources tertiaires sont constituées de catalogues, index, bibliographies, bases de données, etc. qui regroupent la documentation historique définie dans les deux premières catégories. Font aussi partie des sources tertiaires les critiques, commentaires ou recensions d'ouvrages historiques.

La nature des informations composant les sources sont multiples: chroniques, récits, registres, grosses, cadastres, gravures, photographies, cartes, plans, livres, articles, mémoires, index, catalogues, etc. Pour être exploitées avec les fonctions analytiques des SIG, cette multitude de données doit être restructurée de manière à alimenter la base de données géo-historique. Nous appelons cet ensemble d'opérations la spatialisation de l'information historique (cf. figure ci-dessous).

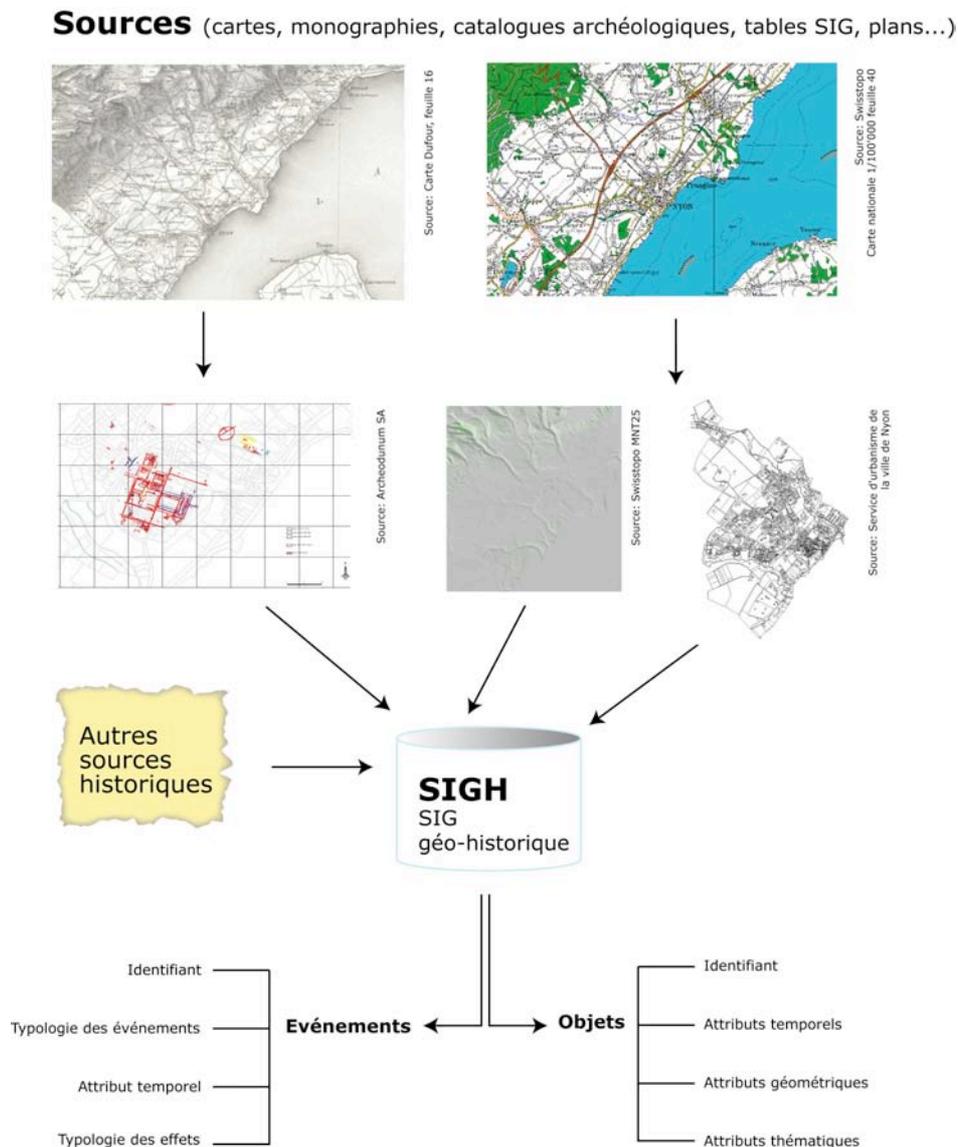


Figure 4.1: Constitution de la base de données géo-historique.

La structuration de l'information doit comporter deux volets distincts pour être compatible avec l'approche géo-historique qui nous occupe. Nous devons donc structurer: 1° les objets et 2° les événements. Or, la nature de l'information est tellement différente qu'il faut envisager deux structures de données incompatibles entre elles et les traiter indépendamment. En procédant de cette manière, il faut trouver un artifice permettant de relier par la suite les objets physiques avec les événements pour pouvoir gérer les deux tables simultanément (généralement grâce à un identifiant unique). Ce faisant, nous induisons d'emblée dans le système un biais méthodologique limitant la recherche d'événements à la seule catégorie des événements spatiaux (EPEES 2000), où chaque objet est relié de façon univoque à un événement ou à un groupe d'événements (par le biais d'un identifiant définissant une typologie d'événements, par exemple). Le biais introduit par cet artifice est de nature déterministe puisqu'il définit a priori la nature des chaînes causales (Guermond 2005). Une telle modélisation ne permet pas de prendre en considération toute la richesse contextuelle et évolutive de phénomènes historiques et urbains et nous oblige à trouver le bon niveau d'abstraction qui préservera leur complexité. En effet, les bases de données relationnelles, qui sont une des composantes principales des SIG, sont des structures rigides, pour lesquelles la seule partie variable se situe au niveau des données elles-mêmes (appelées aussi instances). Ainsi, ni les classes, ni les attributs ne sont paramétrés pour pouvoir évoluer sans créer d'incohérences. Il est donc nécessaire de proposer une autre démarche de structuration de la connaissance, capable de tenir compte aussi de l'évolution au niveau de la conceptualisation. Dès lors, la problématique consiste à développer une base de connaissances (*knowledge base*) élargie¹⁷ Cette conceptualisation, appelée ontologie, est capable, nous le montrerons plus loin (cf. §9.2), de prendre en compte les changements conceptuels qui permettent de gérer les changements de classes et l'enrichissement sémantique déterminés aussi par les événements.

4.2.2 Données partielles et ontologies par époque

Outre la structuration du corpus historique, c'est aussi son contenu qui est problématique, les données extraites ne constituant que des jeux de données partiels. Il y a donc une difficulté à caractériser la forme urbaine par une méthode uniquement inspirée de l'analyse spatiale, car nous devons faire face à des problèmes de représentativité (insuffisance de données) et de normalisation (peu de données comparables), dus à la nature des phénomènes étudiés, irréductibles aux seules interactions spatiales *stricto sensu*. Dès lors, le corpus de données historiques devra être structuré par époques (en tant que synthèse du contexte historique de perception / production) et par objets, en conservant l'historicité de ceux-ci (Langran 1992). La figure ci-dessous résume la relation existant entre les jeux de données partiels et les ontologies par époque.

17

La base de connaissances doit, pour les besoins de notre travail, contenir quatre niveaux d'information différents: les concepts, le système de relations entre concepts (avec une sémantique enrichie par rapport à la sémantique des SIG), les instances (ou données) et l'iconographie (cf. chapitre 8).

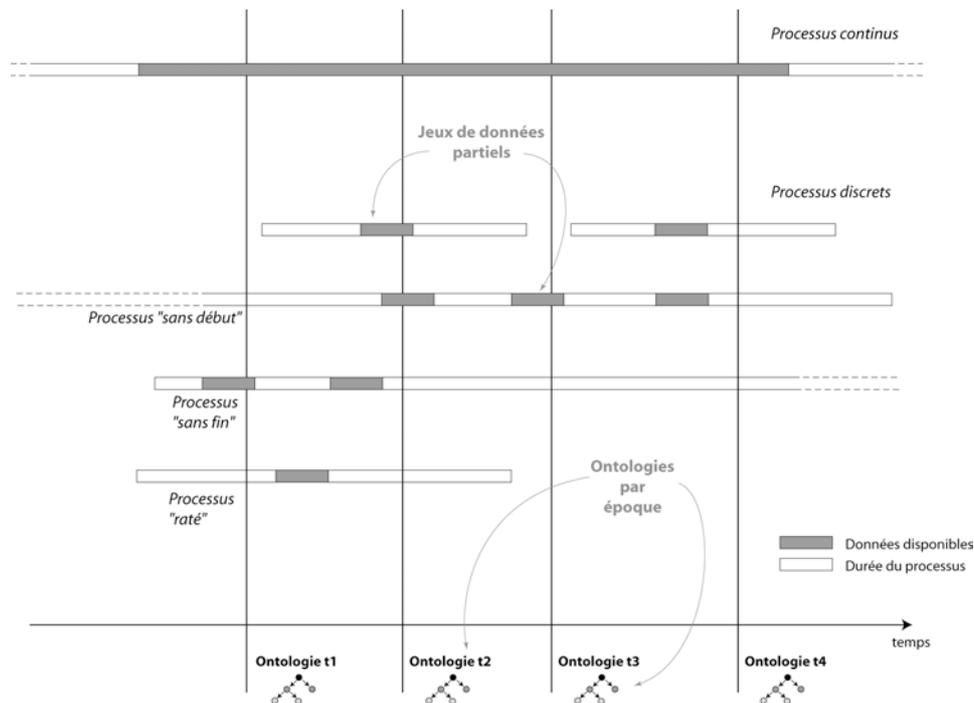


Figure 4.2: Jeux de données partiels et ontologies locales.

A la différence des phénomènes continus (comme la température ou l'hydrodynamique), les processus urbains sont discrets, c'est-à-dire que leur évolution se fait par pas de temps discrets. Un modèle de cette évolution sera représenté par une succession de transformations discrètes d'un état dans un autre (Golay 1992; Sowa 2000; Malfroy 2001). Ces phénomènes se caractérisent entre autres par une production de données au cas par cas. Dans la perspective historique que nous avons choisie, on peut comparer ces jeux de données partiels au versement ponctuel aux archives. La difficulté est donc en réalité double, puisque chaque versement, par définition lacunaire, ne correspond que partiellement à une conceptualisation donnée. Nous avons appelé ces différentes conceptualisations contemporaines à la production d'information des *ontologies locales* pour les différencier des *ontologies par domaine*, sensées regrouper l'ensemble des connaissances d'une discipline à un moment donné (Gómez-Pérez, Fernández-López et al. 2004). Selon cette hypothèse, les découpages effectués entre les périodes historiques influencent non seulement le choix du type de phénomènes que l'on peut étudier, mais aussi la manière de structurer les corpus historiques y associés.

4.3 Ruptures épistémologiques

Derrière les limites à la réduction de la connaissance historique identifiées dans le paragraphe précédent, se cachent en réalité des problèmes d'ordre épistémologique. Nous allons discuter brièvement cette question sous l'angle problématique de la "rupture", c'est-à-dire des différences fondamentales entre les connaissances historiques et l'information géographique potentiellement exploitable par les systèmes d'information. En explicitant ainsi leurs différences, nous essaierons de voir dans quelle mesure elles nécessitent que l'on fasse appel à d'autres paradigmes que celui de l'exhaustivité des données (Zysberg 1987; Lepetit 1989; Marble 1990). Enfin, nous chercherons à savoir comment rendre compatibles ces différents paradigmes afin d'entamer le développement d'une démarche de caractérisation des phénomènes urbains basée sur l'exploration des données géo-historiques lacunaires.

4.3.1 Parts quantifiable et non quantifiable de la connaissance

La première rupture entre les SIG et la morphologie se situe au niveau de la réduction de la réalité opérée pour mesurer les phénomènes territoriaux. Comme nous l'avons déjà évoqué, les SIG ont été conçus pour traiter des informations synchroniques et réductibles à leurs dimensions géométrique, topologique et thématique, tandis que l'approche morphologique repose sur un principe de réduction de la complexité non systématique, mais bien en fonction des objectifs à atteindre: "il s'agit de recueillir les informations permettant justement d'identifier les règles de la formation des structures architectoniques dans l'aire d'intervention et à l'échelle du projet à concevoir" (Malfroy 2001). Cette « réduction morphologique » découle du besoin de "conserver aux structures territoriales leur caractère concret de formes significantes" (Malfroy 2001, p.116), qui ne sont pas nécessairement significatives d'un point de vue statistique. L'attribution d'une valeur interprétative dépasse dès lors la seule analyse des corrélations entre unités spatiales pour se situer à un niveau cognitif différent, faisant appel à une grande quantité de données hétérogènes.

Sans entrer dans le débat de savoir si l'un des paradigmes est meilleur que l'autre, ou si l'ensemble de la recherche historique doit être remis en question ou non, nous nous plaçons directement dans une posture d'extension, visant d'emblée à travailler sur des données quantitatives, tout en explicitant et en structurant la part non-quantifiable de la connaissance historique qui en détermine la signification. De ce point de vue, il est intéressant d'illustrer les différentes postures scientifiques, tant empiriques que théoriques pour mieux situer notre problématique interdisciplinaire (cf. figure 4.3).

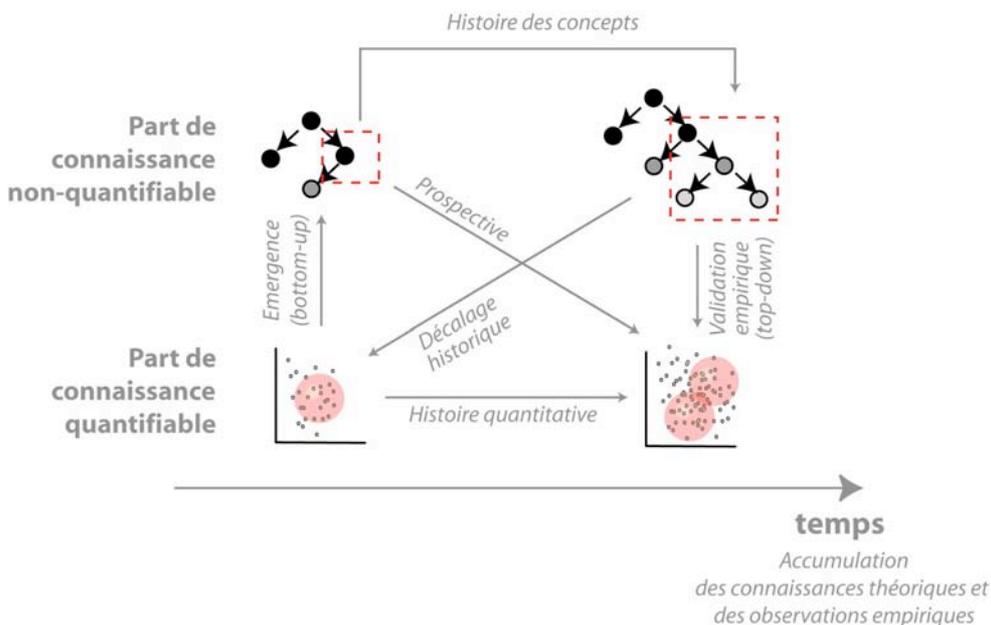


Figure 4.3: Evolution de la connaissance scientifique et postures de recherche.

Dans cette illustration, nous pouvons voir comment les connaissances évoluent en parallèle et quelles postures sont possibles en fonction, d'une part, de la manière dont nous appréhendons les parts, quantifiables ou non, et, d'autre part, du point de vue de l'observateur. Cette figure illustre donc la différence qui existe entre les visées prospectives et le décalage historique, ou encore, entre la spécificité de l'histoire des concepts (Koselleck 1990 (1979)) et celle de l'histoire sérielle basée sur une validation hypothético-déductive (Lepetit 1989).

En ce qui nous concerne, nous pouvons illustrer le paradigme de l'histoire quantitative de l'école des Annales, qui a stabilisé un certain nombre de critères pour imposer l'analyse quantitative au traitement de la connaissance historique, et faire ainsi le rapprochement avec la Nouvelle Géographie¹⁸. En effet, grâce à la généralisation des outils d'analyse numérique et à la facilité d'accès que procurent les systèmes d'information géographique, nous pouvons trouver bon nombre de points d'ancrage entre les deux disciplines. Parmi les développements possibles, la question de la quantification des phénomènes historiques ayant un fort caractère spatial nous intéresse ici tout particulièrement, comme la caractérisation de la forme urbaine en tant qu'objet aussi bien historique que géographique.

Or, bien que ce rapide rapprochement puisse être suffisant pour justifier notre démarche, nous réalisons que la traduction pure et simple de ces méthodes numériques à l'analyse historique, sans garde-fous épistémologiques, constitue un danger de simplification qui n'est pas conforme avec les limites que nous avons identifiées auparavant. En effet, la problématique qui nous intéresse consiste davantage à savoir comment gérer des connaissances de natures différentes, afin de rendre compte de la complexité réelle de l'objet de recherche. Si nous posons l'hypothèse que la connaissance théorique n'est pas réductible à sa part quantifiable uniquement, est-il encore possible de "mesurer" la proximité de "sens" et s'assurer ainsi que les conditions de la réduction morphologique soient respectées?

Trois paradigmes sont dès lors nécessaires pour comprendre notre problématique:

- Le paradigme du décalage historique (§4.3.2).
- Le paradigme indiciaire (§4.3.3).
- L'histoire des concepts (§4.3.4).

4.3.2 Le paradigme du décalage historique

L'interprétation historique est, comme nous l'avons vu, dépendante des capacités de restructuration de l'information par l'historien, qui cherche par le biais de différentes analyses (textuelles, statistiques, etc.) à donner une interprétation pertinente de la réalité passée d'où il puise ses sources. En nous plaçant d'emblée dans cette posture historique comme paradigme de recherche, nous utilisons les connaissances actuelles pour tenter de donner un éclairage plus complet des données passées. Ce point de vue a pour corollaire "indésirable" un paradoxe fondamental de la recherche historique, à savoir l'impossibilité matérielle d'enregistrer la totalité des faits pour un traitement ultérieur (Genet 1986; Lepetit 1989).

¹⁸

Depuis les années 1960, la Nouvelle Géographie a donné lieu à un essor sans précédent des méthodes quantitatives pour la géographie humaine. Nous pouvons dire que, grâce au développement de ses outils d'analyse spatiale, elle est à l'origine du succès des systèmes d'information géographique pour l'étude systématique des phénomènes territoriaux.

Les principaux avantages de cette posture sont les suivants:

- Le décalage historique permet de mieux saisir la complexité des relations entre les faits étudiés, car il suppose que l'on puisse appréhender dans leur quasi totalité le contexte et les enjeux de la société qui produit par le passé les informations que nous étudions aujourd'hui.
- A travers une analyse détaillée des sources, on réduit l'incertitude grâce à la possibilité de les croiser, distinguant ainsi ce qui est corroboré de ce qui est un indice seulement.
- L'observation des dynamiques (analyse diachronique) se fait sur la base de faits enregistrés et non sur des hypothèses quant à leur évolution. La vérification des hypothèses vise alors à identifier, à travers l'analyse empirique, les événements historiques à partir de leurs impacts mesurés.

De même, la notion de décalage historique présente de sérieux inconvénients pour la validation empirique des phénomènes étudiés:

- Il est impossible de créer des données par expérimentation. Nous sommes totalement tributaires des données existantes et toute prévision à partir d'une extrapolation entraîne des incertitudes passées sur des questions plus récentes.
- Les données étant souvent peu nombreuses, les échantillons nécessaires pour une analyse statistiques sont insuffisants. En effet, les échantillons recouvrent la totalité des données disponibles et ne permettent pas de constituer des corpus séparés pour la construction des modèles et leur validation.

4.3.3 Jeux de données partiels et paradigme indiciaire

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, les problèmes courants rencontrés lors de l'élaboration du corpus empirique pour un usage informatique touchent essentiellement les champs suivants:

- Séries chronologiques incomplètes, imposant une interprétation, une interpolation et une confrontation des sources.
- Données incomparables à cause de découpages et de méthodes d'acquisition différents. Elles exigent une uniformisation des données comme, par exemple, la normalisation des prix.
- Erreurs de saisie ou de retranscription, nécessitant une correction manuelle.
- Représentativité: données ponctuelles, observations singulières, etc., posant un véritable problème de validité historique.

Bien que la plupart de ces problèmes trouvent une solution plus ou moins simple dans les méthodes d'analyse utilisées pour la correction des erreurs (par rééchantillonnage, normalisation, interpolation, voire par correction manuelle), il en existe une catégorie qui reste irréductible aux solutions techniques: celle liée au problème de la représentativité des données. En effet, lorsque les sources ne peuvent être croisées, ni les séries chronologiques complétées, il ne reste plus qu'à "penser par cas", en utilisant au mieux les traces et le *paradigme indiciaire* pour constituer un discours rationnel qui ne soit pas soumis au seul rationalisme statistique (Ginzburg 1989; Lacour 2005; Passeron and Revel 2005). Cette difficulté appelle deux postures opposées: 1) soit ces données sont exclues de l'analyse, car jugées aberrantes ou simplement non significatives; 2) soit elles sont utilisées comme hypothèse de départ pour l'exploration du phénomène (Genet et al. 2003) (cf. chapitres 5, 10 et 11). Il est dès lors nécessaire de construire un cadre de référence capable de pallier ce manque d'informations.

4.3.4 Histoire des concepts

En tant qu'objet de recherche issu d'une double tradition (celle des sciences sociales et celle des sciences de l'ingénieur et de l'architecture), la ville et sa conceptualisation ne sont pas aisément réductibles à un ensemble d'objets simples de type mathématique qu'il suffit d'assembler dans une structure robuste pour y appliquer des méthodes numériques d'analyse dont les réponses sont univoques (Volken 2003). Il est par conséquent nécessaire de proposer des constructions plus complexes capables de refléter la problématique qui se dessine.

En effet, même les concepts les plus simples du champ de la connaissance urbaine sont aussi polysémiques que composites. De la densité (humaine, bâtie, etc.) à la caractérisation de la structure urbaine (fonctionnelle, formelle, etc.), tous les concepts rencontrés dans la littérature et qui tentent de saisir la ville ont montré des connotations spécifiques en fonction du point de vue de l'observateur. Il est donc impossible de réduire la complexité de l'objet à un seul paradigme englobant la totalité des sphères qui composent le savoir qui nous intéresse. Cette instabilité s'accroît encore davantage lorsque nous essayons de retracer l'évolution à travers le temps des significations du vocabulaire de l'urbain. Ainsi, entre la connotation historique ou géographique de certains mots et l'hétérogénéité des sources qui composent ce savoir dispersé, il est pratiquement impossible de définir un champ unique de connaissance, dont la validité des concepts et la mesure y relative de la réalité puisse offrir un socle vraiment robuste pour la constitution d'un univers du discours partagé.

Partant de là, une enquête systématique du champ de la connaissance historique urbaine consiste plutôt à garder en mémoire (partout et en tout temps) une trace des choix effectués pour saisir l'objet "ville" (perception, production et représentation) dans sa double nature factuelle et conceptuelle. Cet ensemble de connaissances doit être caractérisé par les mots et les relations entre les mots, porteurs d'une signification à un moment donné de l'histoire. De plus, il faut pouvoir garder une trace de l'évolution de leur signification à travers le temps, indépendamment de leur compréhension d'ensemble. Le réservoir de connaissances de l'évolution du territoire peut se situer aussi dans les questions qui émergent au fur et à mesure que nous maîtrisons la complexité de ses mutations. Ainsi, au lieu de procéder à une unique réduction de ces objets, et afin de garder un maximum de "sens", l'idée de "réduction" que nous avons adoptée aborde les champs de ce qui est mesurable et de ce qui est simplement concevable.

La notion de réductionnisme utilisée dans les sciences de la matière et du vivant (par commodité nous l'appellerons désormais réductionnisme physique) renvoie généralement à l'idée que la nature complexe des choses peut se réduire à une somme de principes fondamentaux, c'est à dire à une explication simple. Bien

que cette posture soit critiquable, elle est à la base de la démarche systémique, où les systèmes complexes sont ramenés à une composition d'éléments plus simples ayant un fonctionnement connu ou maîtrisé (Le Moigne 1994 (1977)). Les systèmes d'information géographiques, en tant que construction systémique par définition (Golay 1992), n'échappent pas à cette posture épistémologique. Le défaut fondamental de la démarche réductionniste est évidemment de donner une image simpliste de la réalité. Mais ce défaut devient une nécessité lorsqu'il s'agit d'automatiser des procédures par le biais de l'informatique. Dès lors, nous retrouvons les mêmes limitations dans tout objet complexe réduit à un système de connaissances structurées (Lepetit 1989). A contrario, le plus grand avantage de cette démarche consiste évidemment à rendre "mesurable" tout phénomène complexe pour autant qu'il puisse être réduit à des parties plus simples, mesurables de façon indépendante et empiriquement vérifiables.

A titre d'exemple, la notion de propriété foncière peut se réduire, c'est-à-dire peut être rendue intelligible, à partir de la représentation cartographique du registre foncier. Celui-ci est établi sur la base de la mesure géométrale des parcelles et l'adjonction du nom du propriétaire à la surface ainsi mesurée (donnée thématique). Si nous décidons de rendre les deux catégories dépendantes de la validité historique de la définition de propriété d'un point de vue légal, par exemple avant et après l'introduction du code Napoléon¹⁹, nous pouvons créer les conditions préalables pour la compréhension du territoire dans sa double structure matérielle et conceptuelle, et donc de son évolution dans le temps.

Nous proposons de mettre en place un référentiel épistémologique qui réponde à la définition de la part quantifiable et non-quantifiable de la connaissance historique dans le champ urbain qui nous occupe. Nous cherchons à connaître les modalités de mise en œuvre de la transformation des concepts à travers des indices matériels observables et mesurables (Koselleck 1990 (1979)), afin de produire un modèle de connaissance des processus de transformation de la forme urbaine basé sur l'analyse et l'interprétation des jeux de données partiels.

En effet, la connaissance que nous cherchons à formaliser présente une part mesurable, qui n'a pas besoin de quitter le champ du réductionnisme physique, et, d'un autre côté, une facette qui ne se donne pas à voir par ses seuls indices mesurables, ces derniers n'étant intelligibles qu'à partir du moment où nous sommes capables d'appréhender le phénomène que l'on désire mesurer. Il faut donc avoir le soupçon de l'existence du phénomène; ce qui nous conduit à opposer la démarche de caractérisation à la démarche exploratoire. En effet, la première est basée sur une connaissance hypothétique que l'on cherche à confirmer ou à infirmer par un traitement adéquat des données, tandis que la deuxième vise à faire émerger une connaissance nouvelle à partir d'une analyse systématique et sans a priori de celles-ci.

19

En effet, la généralisation de l'utilisation du système métrique qui rend possible la comparaison de la propriété sur une base uniforme découle d'une nécessité idéologique (égalité de traitement fiscal) et non l'inverse.

4.4 Synthèse et conclusions du chapitre

Nous avons montré que la problématique de la systématisation de l'analyse morphologique grâce aux outils de la géomatique est déterminée par la nature des sources historiques et par la constitution du corpus. Ce constat nous a permis d'identifier les limites suivantes à la réduction de la connaissance historique:

- Les jeux de données extraits des sources d'archives sont toujours partiels.
- Les bases de données possèdent une rigidité structurelle qui limite le champ de l'enrichissement par reconceptualisation de la problématique.
- Les sources sont hétérogènes et souvent incomparables entre elles et/ou statistiquement non-significatives.
- L'information historique issue des sources d'archives n'est pas reproductible.

De même, derrière ces limites, nous avons identifié une rupture d'ordre épistémologique entre les deux disciplines concernant le traitement des connaissances quantifiables (données) et non quantifiables (concepts) qui nous obligent, pour être dépassées, à explorer d'autres paradigmes et à tenter de les appliquer à la science de l'information géographique. Ces paradigmes sont les suivants:

- Le décalage historique.
- Le paradigme indiciaire.
- L'histoire des concepts.

La question consiste dès lors à savoir ce qu'il faut extraire des différentes sources et comment les structurer pour les besoins de notre recherche. D'une façon générale, la connaissance historique qui nous intéresse contient principalement des données géographiques issues des cartes et cadastres anciens disponibles, d'une part, ainsi qu'un réseau de concepts issus de la lecture de ces mêmes cartes (ou de tout autre matériel iconographique irréductible à la donnée géographique *stricto sensu*) et des dictionnaires historiques et morphologiques, d'autre part, qui synthétisent le savoir du domaine à un moment donné de son histoire.

L'information extraite à partir des sources d'archives peut donc être organisée selon les catégories suivantes: données raster (fonds de carte et iconographie), données vecteur (base de données géo-historique) et ontologies locales (concepts et relations) (cf. figure 4.4).

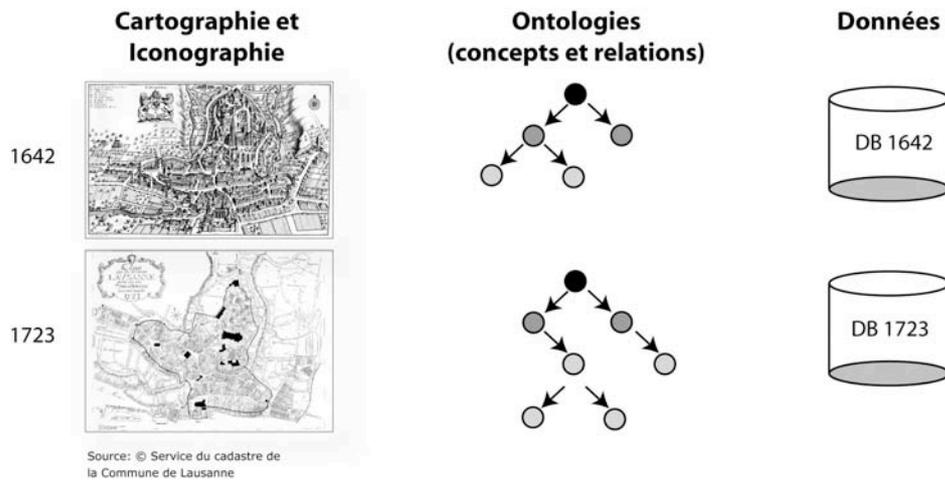


Figure 4.4: Extraction des connaissances.

Dès lors, le cadre initial de la recherche discuté au chapitre 3 se trouve enrichi par deux questions fondamentales supplémentaires:

- Quelle structuration de la connaissance pouvons-nous proposer si l'on se base sur la dichotomie entre données et concepts?
- Que peut-on faire avec des jeux de données partiels?

Au chapitre suivant, nous développerons le modèle de connaissance et les outils conceptuels qui nous permettront d'explicitier la problématique.

5. Trousse conceptuelle: outils complémentaires

5.1 Introduction

Le passage de la mesure du territoire à sa conceptualisation sous la forme d'un processus informationnel et cognitif exige que l'on éclaircisse deux aspects liés à la construction du modèle de connaissance et à la démarche de formalisation que nous avons choisies. Dans ce chapitre, nous introduisons donc les outils conceptuels nécessaires à cette opération. Cette "trousse" conceptuelle nous permettra ainsi d'explicitier et d'ancrer la problématique aux chapitres suivants.

Ce chapitre est structuré autour des questions suivantes:

- Le modèle d'interprétation.
- Les principes de décomposition et recomposition de la connaissance.

5.2 De la réalité au modèle de connaissance : le modèle d'interprétation

Nous tirons des chapitres précédents deux hypothèses complémentaires:

- Il existe une relation entre les observations réductibles à un mode de mesure, et donc formulables en termes mathématiques, et les observations non-mesurables, mais néanmoins nécessaires à l'interprétation de la partie mesurable.
- Il est nécessaire de tenir compte de la composante temporelle, non seulement des objets, mais aussi de la posture de recherche.

Ces hypothèses sont sous-tendues par le choix d'une perspective historique consistant à ne plus considérer l'histoire comme une chronologie linéaire d'éléments isolés, mais comme un processus (Arendt 1972; Koselleck 1997). Plus précisément, le processus qui nous intéresse est le processus de production de la connaissance basé sur l'observation simultanée d'une part quantifiable et d'une analyse visuelle. Pour cela, il est nécessaire:

1° De changer de point focal pour décomposer le concept de processus en examinant conjointement sa structure formelle et son contexte d'énonciation.

2° De s'appuyer sur une conceptualisation systématique de l'évolution des formes urbaines.

Afin de rendre effectif le passage de la réalité au modèle de connaissance, il est nécessaire d'explicitier le modèle d'interprétation que nous avons adopté. Dans les chapitres précédents, nous avons mis en évidence les limites à la réduction de la connaissance historique, à savoir: les sources hétérogènes, l'irréductibilité de certains objets à une formulation mathématique, les jeux de données partiels, les structures de données rigides et la relativité historique et sémantique des concepts.

A ces limitations, s'ajoutent encore les questions liées à la représentativité des données (sources incomparables, données peu nombreuses) et à la non-reproductibilité de l'information historique (sources d'archives, pas de recours à la simulation numérique). Il nous faut donc proposer un modèle qui puisse prendre en compte les deux volets résumant ces caractéristiques, à savoir une base de connaissances composée de concepts (idées) et d'instances (faits). Ainsi conçu, le modèle nous permet de "mettre en bouquet" les catégories fondamentales de la connaissance historique, tout en respectant les limites identifiées. Il doit donc comporter les caractéristiques suivantes :

- Structuration des connaissances permettant un enrichissement progressif et acceptant plusieurs points de vue.
- Prise en compte du contexte d'interprétation historique.
- Projection des objets de la réalité dans un espace de représentation compatible avec un outil de traitement systématique.
- Production d'hypothèses à partir d'un jeu de données partiel.
- Prise en compte de la temporalité du sens (synchronie et diachronie) et des questions de translation sémantique (diatopie et polysémie).

5.2.1 La posture pragmatique

Nous avons fait le choix d'inscrire notre démarche dans une approche empruntée à la linguistique et appelée la *pragmatique*. La pragmatique est une théorie linguistique qui permet de construire un système interprétatif à partir de la mise en situation de l'action et non de la signification propre des signes (posture purement sémantique). Les trois concepts fondamentaux de la pragmatique sont les suivants (Armengaud 1985; Grundy 2000) :

- L'*acte*. Agir, c'est instaurer un sens pour toutes les potentialités de transformation (interactions et transactions).
- Le *contexte*. Le contexte est la situation concrète de l'agir (temps, lieu, identités de locuteurs, etc.). Il résume toutes les finalités des actes.
- La *performance*. C'est l'accomplissement de l'acte en contexte. C'est une praxis en tant qu'actualisation du potentiel de transformation dans une situation concrète.

Nous allons montrer comment cette approche permet de répondre au cahier des charges relatif à la modélisation de la connaissance historique présenté paragraphe précédent. Pour cela, il nous faut montrer qu'elle peut prendre en compte la complexité intrinsèque des phénomènes urbains qui nous intéressent ainsi que la part interprétative rattachée à l'approche exploratoire d'observation de ces mêmes phénomènes. Les outils conceptuels que nous avons utilisés pour cette modélisation du processus d'interprétation sont: le *triangle sémiotique* et le processus de signification y associé, la *sémiosis*; l'*abduction* en tant que processus de production d'hypothèses et, enfin, le contexte historique comme *contexte d'énonciation* pour la construction des faits historiques.

5.2.2 Le triangle sémiotique

Le pattern d'interprétation développé dans le cadre de la pragmatique et proposé par Charles S. Peirce, le triangle sémiotique (cf. figure 5.1), consiste à projeter un *objet* dans un espace de représentation. L'objet est remplacé par un signe appelé le *representamen*. Ce couple a besoin d'un troisième signe permettant de lier la représentation à l'objet en lui attribuant une "clé de lecture", c'est-à-dire permettant d'en extraire la signification dans un contexte donné. Ce troisième signe s'appelle l'*interprétant*.

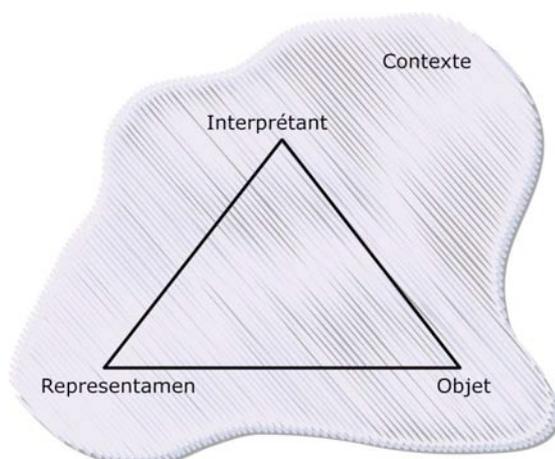


Figure 5.1: Le triangle sémiotique (d'après Everaert-Desmedt 1990).

Il est important de souligner que l'interprétant n'est pas l'interprète, mais le moyen que celui-ci utilise pour effectuer son interprétation. En ce sens, il opère la médiation entre le représentamen et l'objet (Everaert-Desmedt 1990) et entre la chose observée et l'observateur. La médiation, en tant que processus interprétatif, est le mécanisme par lequel on passe d'une signification initiale à une signification finale. Le cœur de l'abstraction, ou transformation de l'objet en signe et inversement, conduit à l'instanciation, ou reconnaissance concrète dans une situation donnée, d'un signe considéré en tant que concept.

5.2.3 La sémiotique et les conditions de bord

Le processus d'interprétation basé sur ce modèle consiste alors à transformer les représentations obtenues pour les rendre encore plus explicites. Ce processus est possible grâce au fait que l'interprétant peut à son tour être confondu avec l'objet lors d'une deuxième itération. Dans ce cas, il est représenté une nouvelle fois et appelle ainsi un nouvel interprétant pour pouvoir être rattaché au nouveau contexte d'interprétation, et ainsi de suite (cf. figure 5.2).

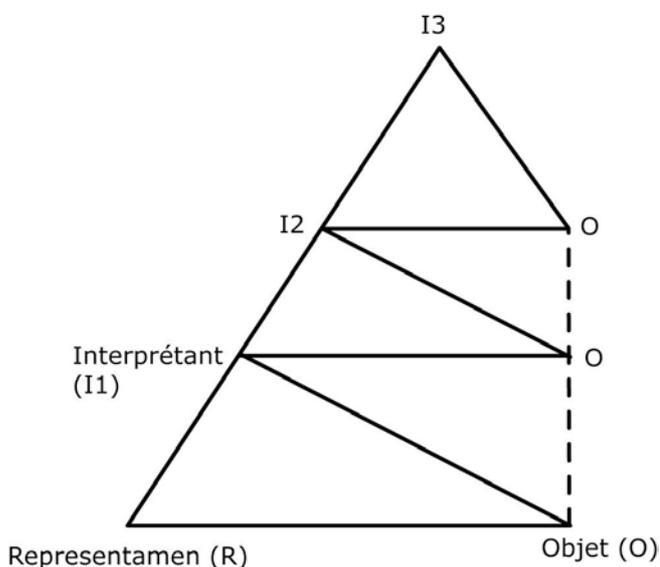


Figure 5.2: La sémiotique (d'après Everaert-Desmedt 1990).

Ce processus appelé *sémiotique* est, par définition, un processus infini, car il est toujours possible de transformer un interprétant en objet dont il est le nouveau représentamen, etc. ouvrant ainsi la porte à une infinité d'interprétations à partir d'une constatation de base, grâce à un jeu de projections multiples. Toutefois, l'univers du discours dans lequel nous cherchons à expliciter le sens peut être déterminé par deux limites très concrètes : le grain de l'information (il est impossible de transformer les objets au-delà d'une certaine résolution de l'information) et le cadre de validité de nos hypothèses (où les questions deviennent à proprement parler métaphysiques). Ce cadre de validité détermine le contexte maximal au-delà duquel il est impossible de vérifier si les nouvelles relations ainsi mises en évidence sont toujours réductibles à une instanciation quelconque (par le biais d'une mesure empirique, par exemple). Attribuer un sens consiste donc, dans ce contexte, à déterminer le niveau optimum dans lequel une instance se rattache à un concept, le tout dans un contexte d'énonciation partagé.

5.2.4 L'abduction et les principes de validation scientifique

Dans notre travail, nous ne cherchons pas à donner une interprétation univoque des données factuelles (démarche analytique), mais visons à permettre l'exploration systématique des données historiques afin de proposer une séquence vraisemblable de la manière dont les faits ont pu se dérouler dans un intervalle de temps donné. Cette structure est basée sur la séquence d'analyse des observations, c'est-à-dire le processus d'interprétation proprement dit.

Ce dernier s'apparente en effet à la méthode d'enquête en médecine qui cherche à établir, par le raisonnement à partir d'indices partiels, un diagnostic plausible des causes de la maladie dont souffre le patient (Everaert-Desmedt 1990; Magnani 2001). Le rôle de l'acteur-interprète est donc de procéder selon une posture heuristique à *"l'extraction d'une théorie ou d'une partie de théorie à partir de la soupe de connaissance"* (Sowa 2000). Ce processus est appelé **l'abduction** (cf. figure 5.3).

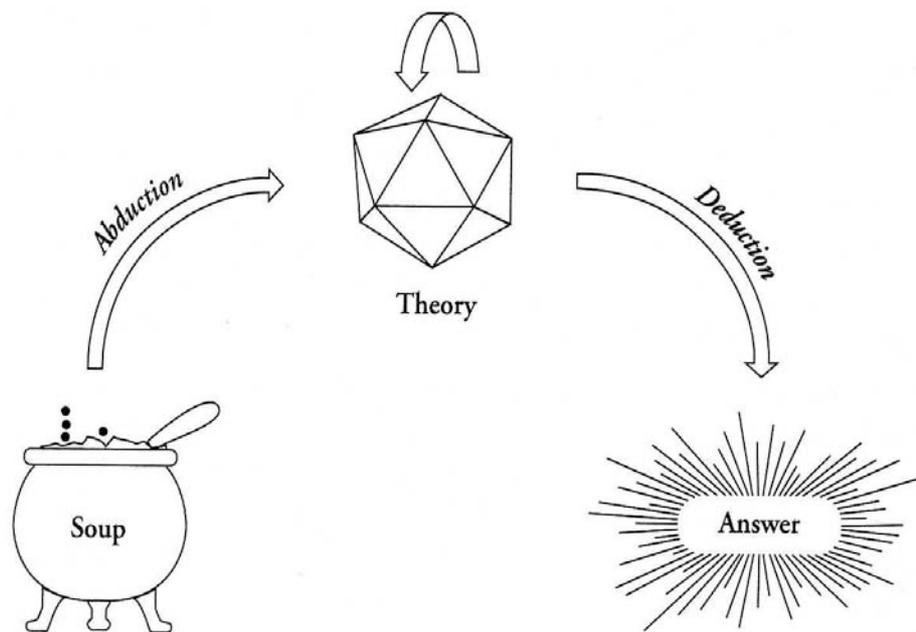


Figure 5.3: Cristallisation des théories à partir de la soupe de connaissance (Sowa 2000).

L'abduction, instaurée aussi par Charles S. Peirce, désigne donc le processus itératif et interprétatif englobant les méthodes classiques d'induction et de déduction structurées selon un modèle séquentiel (cf. figure 5.4).

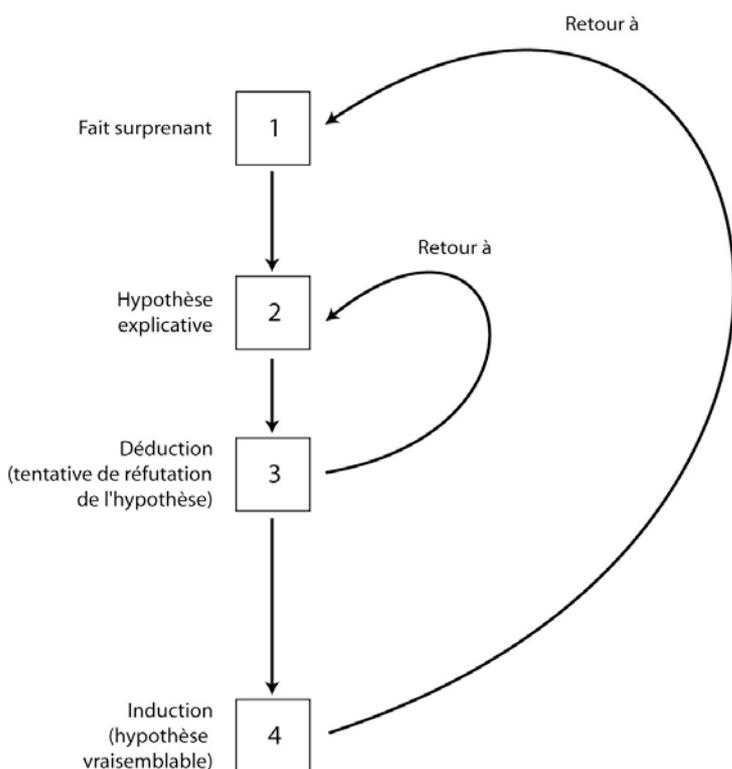


Figure 5.4: L'abduction (d'après Everaert-Desmedt 1990).

A partir d'un fait surprenant, l'observateur propose une première hypothèse par induction, puis teste sa validité (réfutation de l'hypothèse) par des observations complémentaires (déduction). Si l'hypothèse s'avère fautive, les connaissances acquises par les observations complémentaires permettent de produire une nouvelle hypothèse qui est testée à son tour. Ce processus aboutit au choix de l'hypothèse la plus vraisemblable, qui peut dès lors être considérée comme vraie jusqu'à ce que d'autres observations réfutent sa validité (Eco 1988; Everaert-Desmedt 1990).

Cette démarche est en fait une généralisation du premier principe poppérien de validation scientifique (Popper 1973), qui s'avère particulièrement adapté dans notre cas, car les observations sont toujours partielles et leur validité dépendante du contexte d'interprétation. En effet, ce contexte est déterminé par la relativité historique de la conceptualisation du phénomène urbain. La prise en compte du deuxième principe de la validation scientifique (la reproductibilité des résultats) ouvre par ailleurs d'autres opportunités justifiant les études comparatives²⁰ diatopiques ou diachroniques de la posture trans-historique de la morphologie urbaine (Caniggia and Maffei 2000; Malfroy 2001) (cf. §12.5 Perspectives).

D'une manière générale, nous chercherons à formaliser les relations sémantiques qui sous-tendent cette approche pragmatique, c'est-à-dire à expliciter le fait d'attribuer un sens au concept issu du rapprochement de deux notions ou plus, dans un contexte donné (cf. chapitre 9).

²⁰

Objectif pour le plan quinquennal de la Commission Internationale pour l'Histoire des Villes (<http://www.historiaurbium.org>).

5.2.5 La question du contexte historique: perception, production et représentation de l'information

Potentiellement, tout objet matériel faisant partie d'une configuration spatiale connotée historiquement (la forme urbaine) prend un sens particulier en fonction 1° du contexte de perception et de production (composante poïétique), 2° de la manière dont les connaissances liées à sa production ont été systématisées au moment de sa production effective (composante technologique) et 3° de la manière dont cette production est représentée et dont nous appréhendons, a posteriori, l'information y relative (composante herméneutique). Or, la pure potentialité d'une forme n'est intéressante qu'à partir du moment où elle est performée, à l'image des mots qui ne prennent leur sens effectif que lorsqu'ils sont prononcés dans un contexte d'action. En d'autres termes, le sens n'émerge que lorsque le signe passe de son statut de « en puissance » à celui de « en acte ». Ainsi, la question de savoir comment et où cet acte est performé se résume dans la notion de contexte qui détermine, par définition, la finalité de l'acte, non en tant que téléologie, mais en tant que transaction entre l'intention du locuteur et les compétences du récepteur. De ce point de vue, le contexte est compris essentiellement comme la synthèse des compétences situées²¹ des acteurs et il est la représentation de leur intentionnalité.

Nous avons donc choisi d'explicitier aussi le contexte historique en tenant compte de chacune des composantes énoncées ci-dessus (poïétique, technologique et herméneutique), qui permettent de mettre en évidence le sens historique des configurations spatiales qui sont, elles, saisissables par un observateur. La réduction du contexte historique à trois catégories principales dérivées des composantes définies ci-dessus, à savoir: la perception, la production et la représentation, permet d'effectuer l'interprétation d'une forme urbaine à partir d'une configuration spatiale donnée. Les propriétés des configurations spatiales structurées selon ces trois catégories explicitent donc les conditions conjoncturelles, la finalité et les conditions de transmission des informations historiques (cf. chapitre 9). Elles permettent ainsi d'attribuer un sens aux arrangements conceptuels extraits de l'analyse des sources historiques, conformément aux principes de la pragmatique.

5.3 Formalisation de la connaissance

5.3.1 Rappel de la problématique liée à la connaissance historique et morphologique

Trois problèmes principaux ont été identifiés aux chapitres précédents, qui justifient la structuration que nous proposons dans ce chapitre: les jeux de données partiels issus des sources historiques, la structuration souple nécessaire au réarrangement conceptuel en fonction des différents points de vue possibles et la capacité évolutive (relativité historique) des définitions en jeu.

²¹

C'est-à-dire ayant été "performées" en un lieu et à un moment donnés.

Pour résoudre ces problèmes nous procédons de la façon suivante:

- La connaissance morphologique et historique doit être structurée selon une logique constructiviste permettant d'enrichir la base de connaissances progressivement. Cet enrichissement peut se faire soit au niveau des instances, soit au niveau des concepts, soit encore en réarrangeant la structuration selon différents points de vue.
- Parallèlement à cet enrichissement progressif, se pose la question de la gestion de la polysémie propre aux concepts décrivant la ville. Cette polysémie est due soit à un degré insuffisant de consensus à propos des définitions en jeu, soit à un aplatissement temporel²² de la signification d'une définition²³.
- Enfin, l'hétérogénéité des données géo-historiques et le nombre restreint d'époques disponibles impliquent que les résultats intermédiaires et/ou fragmentaires de la caractérisation (traces) puissent aussi être gardés en mémoire en tant qu'hypothèses d'un processus de production de connaissances plus large, combinant d'autres informations qui correspondent à d'autres concepts morphologiques.

5.3.2 Hypothèses générales et principes de formalisation

La construction du modèle, en tant que représentation formelle des processus morphologiques, implique un certain nombre d'hypothèses de nature et d'importance différentes. Certaines de ces hypothèses touchent à l'appréhension de la temporalité, non comme "donnée a priori" permettant de situer les processus dans le temps, mais comme partie intégrante de l'interprétation historique, nécessitant en outre le développement d'une méthode de mesure de l'historicité. D'autres sont de nature plutôt sémantique et technique, requérant qu'une partie de la signification recherchée puisse être intégrée dans le modèle. D'autres, enfin, peuvent être soumises à une validation empirique, complétant ainsi la démarche de conceptualisation et de formalisation décrite ici.

Afin de procéder à l'analyse sémantique de type pragmatique²⁴, il est nécessaire de posséder des données et des concepts structurés, un ensemble de règles de pertinence et un contexte d'énonciation défini aux échelles spatiale et temporelle. Cette structure interprétative rend possible la création du modèle conceptuel qui nous occupe et la recherche systématique des relations entre différentes catégories d'entités. Ces ensembles relations-entités-contexte sont assimilés, par définition, aux processus de transformation urbaine tels que nous cherchons à les formaliser.

²² Pas de prise en compte de l'évolution historique des idées.

²³ Dans un premier temps, nous avons attribué une définition unique à chacun des concepts, afin d'éviter les problèmes liés à cette polysémie (homonymie et désambiguïsation), avant de proposer une approche inspirée de l'histoire des idées et compatible avec les systèmes de classification sémantiques (cf. §12.5)

²⁴ Basée sur le rapport étroit entre signification et contexte d'énonciation.

En traduisant ainsi un sous-ensemble de processus connus par le biais d'une série de mises en relation entre les données dans un contexte non-arbitraire, il est possible de procéder à la création d'une collection systématique signifiante. Ce processus de traduction, qui suit des règles logiques, est appelé formalisation. Outre cette première étape de traduction des catégories connues, il est possible de généraliser l'approche par une génération exhaustive des relations entre les entités, puis de procéder à un tri en utilisant les caractéristiques propres aux catégories modélisées, comme, par exemple, la complétude du cadastre. En effet, cette contrainte topologique implique qu'il n'y ait ni création de nouvelles parcelles, ni trous; il y aura au mieux subdivision, fusion ou redéfinition (Conzen 1969; Thériault and Claramunt 1999). Il en découle que toute mise en relation n'est pas forcément créatrice de sens. Cependant, de nouvelles relations sémantiques "émergentes" peuvent être explorées, puis confirmées ou infirmées par les connaissances historiques avérées, d'une part, et par la robustesse du Modèle Conceptuel de Données, d'autre part.

Les hypothèses suivantes sous-tendent donc la modélisation des processus morphologiques urbains:

1. Les configurations résultantes sont riches de sens et implémentables par ordinateur.

La complexité des entités doit être réduite en séparant ce qui peut être modélisé de ce qui doit être laissé de côté pour la phase d'interprétation des résultats. Toutefois, le développement d'une stratégie exploratoire basée sur l'abduction permet l'enrichissement des connaissances historiques. En effet, cette méthode permet de faire émerger:

- a) des événements non répertoriés (archives inexistantes ou non encore élaborées) à partir de l'analyse visuelle et quantitative entre deux moments connus, conduisant à la production d'hypothèses plausibles qu'il s'agit de mettre à l'épreuve de l'enquête empirique;
- b) des processus morphologiques observables sans transformation des composantes géométriques apparentes, comme, par exemple, la *tabernisation* (Caniggia and Maffei 2000).

2. Il existe un niveau d'abstraction (formel) des processus qui les rend génériques.

"Tout changement dans le temps de matière, d'énergie ou d'information est un processus" (Miller, cité par Le Moigne 1994). Le processus peut donc se décomposer en une série d'actions ou étapes ordonnées de manière à rendre compte de ce changement temporel. Dans notre étude, ce processus se traduit par un changement d'état (Golay 1992), soit de la matérialité (par création de nouvelles entités, comme, par exemple, des bâtiments), soit des valeurs d'attribut des entités étudiées (changement d'affectation des bâtiments existants, par exemple). En basant le processus sur une mise en relation de données simples subissant une série de transformations, il devient alors assimilable à un mécanisme de changement temporel (inscrit dans le temps et ayant la séquentialité comme principe de causalité), complexe (identifiable à partir de l'assemblage de données issues de sources hétérogènes et à des échelles différentes) et ordonné (l'ordre dans lequel les actions se déroulent influence la lecture du résultat). Cette systématique permet de rechercher des instances du concept "processus" dans la base de données.

3. La valeur cognitive du processus générique change en fonction de sa subsomption au contexte.

Le modèle d'interprétation choisi impose l'existence d'un lien fort entre formalisme abstrait et contexte historique de validation. En effet, rien ne ressemble plus à une densification (augmentation de la surface bâtie par rapport à une surface donnée - la parcelle, par exemple) qu'une autre densification. Toutefois, en fonction du contexte (échelle, période historique, règles de voisinage, taux d'occupation effectif, etc.), cette densification s'assimile à une *concrétion*, une *accrétion* ou un *développement pavillonnaire suburbain* (Conzen 2004), c'est-à-dire trois processus distincts partageant les mêmes indicateurs, mais conceptuellement très différents.

4. Le contexte peut être intégré dans une base de connaissances.

Il existe un lien robuste entre la production, la perception et l'acquisition des données factuelles, d'un côté, et l'échelle de pertinence (Boudon 2002) des phénomènes observés, de l'autre. Les règles de subsomption au contexte peuvent donc être intégrées à la base de données par l'explicitation de cette notion d'échelle de pertinence. En effet, les différentes échelles (spatiales ou temporelles) permettent non seulement de définir les intervalles de validité des concepts, mais aussi d'explicitier l'échelle de lecture des données ou des processus élémentaires et la portée d'une relation spatiale définissant un niveau hiérarchique de validité d'ordre supérieur (Malfroy 2001).

5.3.3 Démarche de formalisation

Le but de ce travail de formalisation est double. Tout d'abord il est nécessaire de fournir une structuration de l'information permettant d'effectuer les analyses communément admises dans la recherche morphologique (calcul d'indicateurs morphologiques, distribution spatiale des configurations spatiales, etc.). Dans un deuxième temps, il faut pouvoir attribuer un statut conceptuel aux résultats préliminaires de ces mêmes analyses. Ce faisant, les résultats obtenus acquièrent le statut "ontologique" d'hypothèses nécessaires à l'exploration des processus morphologiques.

Le premier niveau de modélisation proposé est le résultat du processus de décomposition de la connaissance historique. En tant que "*représentation abstraite mais néanmoins formalisée et structurée d'une réalité*" (Mathieu 2005), le contenu du modèle de connaissance est dérivé de la littérature existante (dictionnaires, glossaires, etc.) et des sources cartographiques anciennes, et résulte d'une restructuration de ces informations selon un point de vue privilégié (celui du processus morphologique, dans notre cas).

Le processus de décomposition utilisé ici reprend les principes développés et appliqués avec succès à la connaissance anthropologique (Pointet 2007). Il définit un niveau d'abstraction intermédiaire entre la connaissance de nature purement descriptive et le formalisme nécessaire à une implémentation de l'information dans un SIG. La difficulté intrinsèque liée à la connaissance historique et morphologique implique qu'il faille procéder par étapes successives, comme c'est le cas pour la connaissance anthropologique. Ces réductions "séquentielles" permettent en effet d'affranchir la modélisation des obstacles dus à l'épistémologie, qui sous-tend la production de la connaissance historique et reposant sur la rigueur du discours et la validation des faits énoncés par des sources établies, plutôt que sur une robustesse mathématique définissant les classes de données.

Nous procédons donc par décomposition de la connaissance, afin de déterminer son degré le plus élémentaire, puis de vérifier que cette granularité conceptuelle peut bel et bien être assimilée à une entité de la base de données. Partant de là, nous pouvons définir les relations entre ces différentes entités pour décrire de façon formelle le contenu de la base de données et les manipulations que nous pouvons y effectuer.

Dans le cas où la connaissance est irréductible à une information structurée de la base de données, il faut définir les relations sémantiques établissant le lien entre une configuration idéale-matérielle donnée, ou instance, et un concept décrit dans l'ontologie. Cette mise en relation effectuée a posteriori définit le processus inverse de la décomposition, consistant à produire une connaissance de niveau supérieur grâce à l'interprétation des faits élémentaires. Nous parlons dans ce cas de "*matching conceptuel*", c'est-à-dire du processus de peuplement de l'ontologie à partir des résultats de l'exploration et de l'analyse. Il s'agit donc de chercher progressivement des instances de concepts plus complexes à partir de la mise en relation d'entités simples.

Ce processus interprétatif correspond au schéma de production des types logiques définis par Russell (1908). Ainsi, le peuplement et l'enrichissement conceptuel de l'ontologie, basés sur les résultats de la démarche exploratoire que nous proposerons aux chapitres 10 et 11, nous permettra d'illustrer ce processus de recombinaison de la connaissance à partir des propositions d'ordre inférieur. Les relations entre concepts, définies lors de la construction de l'ontologie, permettent ainsi d'enrichir la base de connaissances avec le résultat des manipulations de la base de données, en y intégrant les autres dimensions sémantiques héritées de la structuration hiérarchique a priori des concepts. En d'autres termes, pour qu'une configuration idéale-matérielle donnée soit considérée comme une instance de l'ontologie, il sera nécessaire de tester sa pertinence par une validation des relations imposées par le réseau sémantique ainsi défini.

La formalisation qui sera proposée au chapitre 9, sous la forme d'une ontologie des processus morphologiques, représente donc le niveau d'abstraction intermédiaire qui rend possible, d'une part, la comparaison (spatiale et temporelle) des résultats de l'analyse spatiale et, d'autre part, la prise en compte des limites de l'interprétation des résultats d'un point de vue historique. En effet, le caractère d'extensibilité de la connaissance historique implique que nous sommes en présence d'un ensemble non borné de concepts et qu'il est toujours possible de l'enrichir par des interprétations nouvelles, soit en croisant des sources originales ignorées jusque-là, soit en imaginant d'autres configurations conceptuelles en fonction des différents points de vue des acteurs. Il est donc nécessaire d'assurer une souplesse importante de la structure formelle résultante, tout en garantissant une mise en relation robuste entre les jeux de données. L'ontologie est l'outil conceptuel qui répond le mieux à ce double impératif.

5.3.4 Processus de décomposition de la connaissance

La démarche de décomposition de la connaissance, inspirée de la cartographie heuristique ou *mind mapping* (Buzan and Buzan 1996), conduit à un éclatement de la connaissance en concepts imbriqués et en interactions, pour finalement atteindre la description des faits propres au domaine de la connaissance qui nous intéresse (Pointet 2007). Ces faits, relevant encore, dans les sciences descriptives, de la perception et de la conceptualisation en langage naturel des phénomènes étudiés, doivent ensuite être décomposés en informations élémentaires interprétables, c'est-à-dire pouvant être structurées selon les règles communément admises dans la science de l'information géographique. Ces informations élémentaires sont les entités, les propriétés et les relations (Pointet 2007) et correspondent aux catégories principales qui constituent la base de données géoréférencée.

Cette décomposition est une démarche semi-formelle, car elle permet de décrire les relations entre les entités dans un langage pseudo-mathématique, c'est-à-dire avec le formalisme relationnel des mathématiques, mais sans ses contraintes axiomatiques. Elle a pour but de rendre exploitable son *noyau explicite* (Pointet 2007) selon une approche systématique, rendant ainsi possible l'implémentation d'une partie de cette connaissance dans un SIG. C'est cette part explicite qui permet de structurer le corpus de données sur lequel sont effectuées les analyses nécessaires à la caractérisation de certains concepts morphologiques (approche top-down). Réciproquement, c'est aussi à partir de l'information élémentaire ainsi structurée que nous formalisons le processus de production de connaissances par recombinaison des faits produits par manipulation des données empiriques (approche bottom-up). Il s'agit donc d'un pas essentiel pour la consolidation de la démarche globale d'exploration (cf. chapitres 7 et 11). La carte conceptuelle résultante représente de ce fait le niveau d'abstraction adéquat (entre la donnée et la connaissance) permettant de faire cohabiter les concepts hétérogènes.

5.3.5 Théorie des types logiques

La théorie des types logiques a été développée par Bertrand Russell (1908) pour résoudre de nombreux paradoxes mathématiques. Les contradictions logiques que cherchait à éliminer Russell avaient une caractéristique commune: l'auto-référence ou réflexivité (Russell 1908). L'idée principale de cette théorie consiste à dire qu'il existe des propositions qui sont "au-dessus" des propositions qui les incluent de façon paradoxale (par exemple, la classe de toutes les classes ne faisant pas partie d'elles-mêmes). Ces nouvelles propositions sur la "totalité des propositions" sont en dehors de cette même totalité, qui se situe sur un autre plan ne cherchant pas à étendre la totalité première, mais se plaçant d'emblée en décalage avec celle-ci.

La théorie des types logiques propose de développer une hiérarchie des *propositions* par recombinaison des propositions d'ordre inférieur. Ainsi, le *type* est défini comme le champ de signification d'une fonction propositionnelle, c'est-à-dire l'ensemble des arguments pour lequel cette fonction a des valeurs possibles (*ibid.* p.237). Le premier niveau de cette hiérarchie est composé des types les plus simples, appelés *individus*. Un individu se situe en-deçà de la proposition, et est, par définition, dénué de complexité (*ibid.* p.238). Les propositions faites sur la base de ces individus sont les propositions de premier ordre. Les propositions d'ordre supérieur sont définies par rapport à l'ordinalité des propositions dont elles sont issues. Ainsi une proposition d'ordre 3 comporte des arguments qui sont à leur tour des propositions d'ordre 2 ou moins, etc.

Comme nous le verrons plus loin (cf. chapitre 8), le processus sera défini comme un ensemble de relations séquentielles, dont la causalité n'est pas forcément simple. Cette séquence est définie par le passage d'un état donné d'une configuration spatiale ou d'un arrangement conceptuel à un autre. De ce point de vue, le processus est aussi un type logique au sens de Russell, car sa construction s'effectue par emboîtement des catégories d'ordre inférieur²⁵, tout en ayant un ordre temporel qui détermine en partie ses caractéristiques. Les schémas d'inférence résultant de cette structuration sont constitués de relations spatiales et temporelles entre des types logiques d'ordre divers respectant la logique temporelle composée de deux états successifs et d'un événement comme conceptualisation de ce changement d'état (cf. chapitre 8).

En tant que "grammaire générative", l'approche utilisée pour la formalisation des processus répond aux critères de construction par seuils de complexité croissants. L'approche de Russell est applicable à la morphologie urbaine grâce à la décomposition en entités élémentaires (Kropf 1993). La recherche empirique des processus morphologiques basée sur cette formalisation permettra de confirmer l'hypothèse sous-jacente.

Outre son utilisation comme méthode de formalisation pour la description des processus matériels, la théorie des types logiques nous permet aussi d'illustrer le processus de production de connaissance à partir des observations élémentaires. En effet, des données à la connaissance, la construction des niveaux de généralisation de la connaissance géo-historique relève d'une hiérarchie d'ordre croissant. Les données sont les individus, l'information les propositions de premier ordre, le noyau explicite les propositions de second ordre et la connaissance les propositions de troisième ordre. Ainsi, bien que les niveaux supérieurs ne soient pas entièrement réductibles aux propositions d'ordre inférieur, la hiérarchie proposée montre les sauts qualitatifs définis par le processus d'interprétation, qui, tout en étant formel, n'est pas forcément réductible à un langage standardisé.

En généralisant cette approche, il est aussi possible de montrer comment fonctionne le processus d'exploration. En définissant les données comme des individus et toute manipulation de ces données comme des propositions de premier ordre, toute interprétation basée sur l'ensemble constitué par les données, les analyses, la cartographie thématique, les réseaux conceptuels, etc. constitue de ce fait une proposition d'ordre supérieur. Le corollaire de la formalisation proposée permet donc d'utiliser cet artefact mathématique pour la "recomposition" des processus (propositions d'ordre n) à partir d'entités fondamentales et/ou de propositions d'ordre directement inférieur. Cette procédure constitue ainsi le *modus operandi* du processus de production de connaissance.

25

Sans la citer nommément, Conzen utilise cette logique quand il définit le *principle of hierarchical nesting*, donnant lieu à son découpage des régions morphogénétiques (cf. Chapitre 7).

5.4 Application de la théorie des types logiques au cycle de développement parcellaire

A titre d'exemple, nous illustrons l'application de la théorie des types logiques au cycle de développement parcellaire en tant que proposition de troisième ordre composée des processus parcellaire et de densification (cf. figure 5.5).

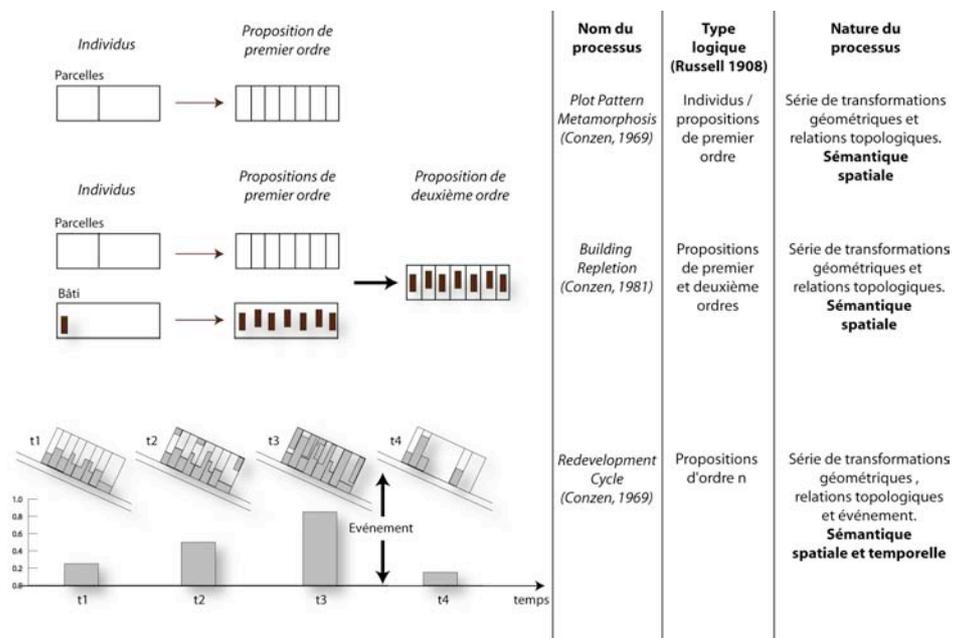


Figure 5.5: Décomposition du processus parcellaire à l'aide de la théorie des types logiques.

La notion d'individu peut être définie de façon arbitraire en fonction du contexte. Ce point est essentiel pour notre démarche, car il permet de définir le grain à partir duquel nous construisons notre base de connaissances. En effet, pour construire cette hiérarchie, il n'est pas nécessaire de connaître les objets appartenant au degré le plus élémentaire en tant que tel, mais uniquement la relation entre les types relatifs, c'est-à-dire le degré de généralisation²⁶ entre les propositions (Russell 1908, p.237). La décomposition des concepts en sous-concepts peut dès lors être arrêtée au moment où la mesure qui nous intéresse en est à son stade le plus élémentaire et qu'il n'est pas indispensable d'aller au-delà de cette limite pour rendre le raisonnement plausible. Cette *granularité conceptuelle* définit ainsi le niveau en-deçà duquel il n'y a plus d'information, et donc d'interprétation possible. Dans notre exemple, le niveau élémentaire est défini par le parcellaire, considéré par ailleurs comme le "grain" morphologique par excellence (Vernez Moudon 2002).

²⁶

Pour Russell, la notion de généralisation est entendue comme le résultat du processus permettant de substituer une variable par une proposition d'ordre inférieur, elle-même constituée de propositions d'ordre inférieur, etc.

5.5 Synthèse et conclusions du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons introduit les outils conceptuels et les hypothèses nécessaires à la conceptualisation et à la formalisation de la notion de processus morphologique, à savoir: le modèle interprétatif et les principes de décomposition et de recomposition de la connaissance.

En effet, les objectifs de ce travail consistent à stabiliser la notion de processus morphologique en développant un modèle cognitif nous permettant de réduire et de formaliser la connaissance historique et d'exploiter les jeux de données partiels. Notre parti pris consiste à chercher un moyen de conserver la complexité des phénomènes urbains tout en structurant les différents niveaux d'abstraction nécessaires afin de proposer un outil d'exploration systématique et cohérent. Pour cela, nous avons développé un paradigme de recherche basé sur la double traduction de la connaissance historique en concepts et instances.

Au chapitre suivant, nous allons ancrer ces questions autour de l'objet spécifique de notre étude, à savoir le processus morphologique en tant que processus informationnel et cognitif.

III. Construction du modèle de connaissance et ancrage de la problématique

“L’historiographie contemporaine ne progresse que dans la mesure où elle délimite son objet, définit ses hypothèses, constitue et décrit ses sources aussi soigneusement que possible.”

François Furet, 1971



6. Le processus morphologique comme processus informationnel et cognitif

6.1 Introduction

Aux chapitres précédents, nous avons discuté des limites et des ruptures épistémologiques entre la démarche des SIG et celle de l'analyse morphologique. Afin de transformer ces contraintes en potentiel de recherche, nous avons choisi de reformuler les principes de réduction de la connaissance et de caractérisation des phénomènes anthropiques. En effet, que ce soit en géographie ou en histoire, ces questions déterminent les limites mêmes de ce que l'on pourrait appeler "l'intra-disciplinarité". Dans notre approche, nous avons donc choisi de les aborder directement pour voir dans quelle mesure il est possible de trouver, dans les divergences apparentes, les éléments nécessaires à l'élaboration d'un paradigme cohérent capable de dépasser le pur constat d'irréductibilité.

D'une manière générale, et sans entrer dans les détails, nous affichons une posture inspirée de la sociologie de la traduction (Callon 1986; Latour 2005), consistant à adapter le principe de symétrie²⁷ à notre problématique, c'est-à-dire le traitement sans distinction des questions quantitatives et non-quantitatives²⁸. Nous postulons donc qu'il est possible d'analyser de manière conjointe l'évolution des faits et l'évolution des idées pour développer notre propre modèle de connaissance.

²⁷ A l'origine, le principe de symétrie a été développé pour permettre de traiter sur le même plan conceptuel les acteurs humains et non-humains (Callon 1986).

²⁸ Nous appelons questions non-quantitatives, les problématiques posées d'un point de vue aussi bien qualitatif que spéculatif, c'est-à-dire toute question irréductible a priori à une mesure.

Afin d'ancrer notre problématique, nous avons choisi un objet de recherche: le processus morphologique. Il est construit sur la double dimension, factuelle et conceptuelle, de la connaissance historique telle que nous l'avons discutée précédemment. Ce couple nous permettra, nous le montrerons, de spécifier le processus informationnel et cognitif, c'est-à-dire le traitement et la représentation de l'information, d'une part, et la production de connaissances, d'autre part. Enfin, outre le découpage entre données et concepts, le choix du processus morphologique comme objet d'étude implique aussi que la question temporelle soit prise en considération. Ce chapitre est donc structuré autour des questions suivantes:

- Discussion de la notion de processus morphologique comme résultat de l'application de la double traduction de la connaissance historique.
- Discussion de la nature temporelle du processus morphologique: entre temporalité et historicité.

6.2 Double traduction de la connaissance historique

Tentons une première définition de notre objet de recherche, afin d'explicitier ses composantes et les étapes de conceptualisation:

Le processus morphologique est une construction cognitive permettant de saisir ou d'attribuer un sens à l'évolution observée des formes urbaines.

En d'autres termes, il s'agit de l'observation et de l'interprétation des changements d'une forme urbaine²⁹ donnée à une échelle donnée et sur un laps de temps donné.

A partir de cette définition, il devient possible de synthétiser la complexité des phénomènes temporels de l'urbain, inscrits dans un contexte à la fois historique et géographique. En effet, en détaillant les différents éléments constitutifs de cette définition, nous allons apporter une réponse aux questions suivantes : qu'est-ce que j'observe ? qu'est-ce qui change ? que survient-il lors du changement ? Cette étape constitue l'application du modèle de connaissances des transformations et mutations du paysage urbain.

6.2.1 Processus et métaprocessus: des faits et des idées!

La catégorie des processus historiques à laquelle nous nous intéressons est d'une nature particulière. Il s'agit d'une notion composite entre une part mesurable et une part incommensurable des réalités sociales qui se cristallisent à travers les formes urbaines. De plus, nous nous intéressons aussi bien à l'évolution des formes urbaines qu'à l'évolution du contexte historique de perception et de production de l'information qui sous-tend la reconnaissance de ces configurations spatiales.

²⁹

La forme urbaine est comprise comme une forme de représentation des phénomènes urbains comprenant simultanément, selon notre hypothèse centrale, une composante matérielle (configuration spatiale) et une composante idéelle (arrangement conceptuel).

D'un côté, l'étude de l'évolution des formes comporte une part mesurable (données géométriques et thématiques), et une part de perception (interprétation) qui donne un sens à la configuration spatiale résultant de la mise en relation de ces données. L'évolution factuelle peut être mise en évidence par la différence des attributs géométriques des données, par exemple. L'évolution de la perception dépend essentiellement, quant à elle, de notre capacité à comparer plusieurs représentations et à souligner visuellement les variations entre les configurations successives. Elle dépend aussi de notre réservoir d'images de référence qui rendent ces variations significatives, c'est-à-dire reconnaissables et interprétables par l'observateur.

D'un autre côté, l'examen de l'évolution du contexte historique met en relation l'étude des changements conceptuels et celle des traces matérielles. L'histoire des concepts qui soutient l'analyse de cette évolution s'intéresse aux changements d'appréhension qu'ont les acteurs de leur propre environnement (perception - production), et à la manière dont on peut employer ces changements conceptuels observables grâce à l'analyse sémantique "*comme indices de[s] changements politiques et sociaux*" (Koselleck 1990, p.103).

Enfin, le lien entre les deux facettes de la connaissance historique tient aussi au fait, que pour pouvoir mesurer des changements au niveau des instances, la structure des concepts qui les subsument doit être stable, c'est-à-dire que la définition formelle d'une catégorie à un moment donné doit correspondre à la définition d'une autre catégorie au moment suivant. Si le critère de stabilité n'est pas respecté, les différentes mesures sont faites sans référence à un modèle robuste et il devient hasardeux d'interpréter des résultats obtenus à partir de standards différents. L'adaptation des données grâce à l'étude de l'histoire des concepts est donc nécessaire afin de s'assurer que les données sont bel et bien comparables et/ou pour nuancer les différences observées au niveau de la définition des concepts en jeu.

Dès lors que l'étude de l'évolution des concepts devient une condition nécessaire pour l'analyse des données historiques, il semble possible et opportun de chercher la correspondance entre les changements au niveau de la perception et de la représentation des réalités sociales, à partir de traces laissées par les changements identifiés au niveau de la conceptualisation. Cette nouvelle synthèse, opérée au niveau des concepts, complète le potentiel d'interprétation et d'exploration des représentations cartographiques anciennes.

En résumé, et de manière un peu plus formelle, nous formulons l'**hypothèse centrale** de notre thèse de la manière suivante: pour saisir la notion de processus morphologique, il est nécessaire non seulement de déterminer une mesure différentielle entre des instances au temps t1 et des instances au temps t2, mais aussi de caractériser les évolutions "*par transparence*" entre les structures conceptuelles des époques t1 et t2 (cf. figure 6.1).

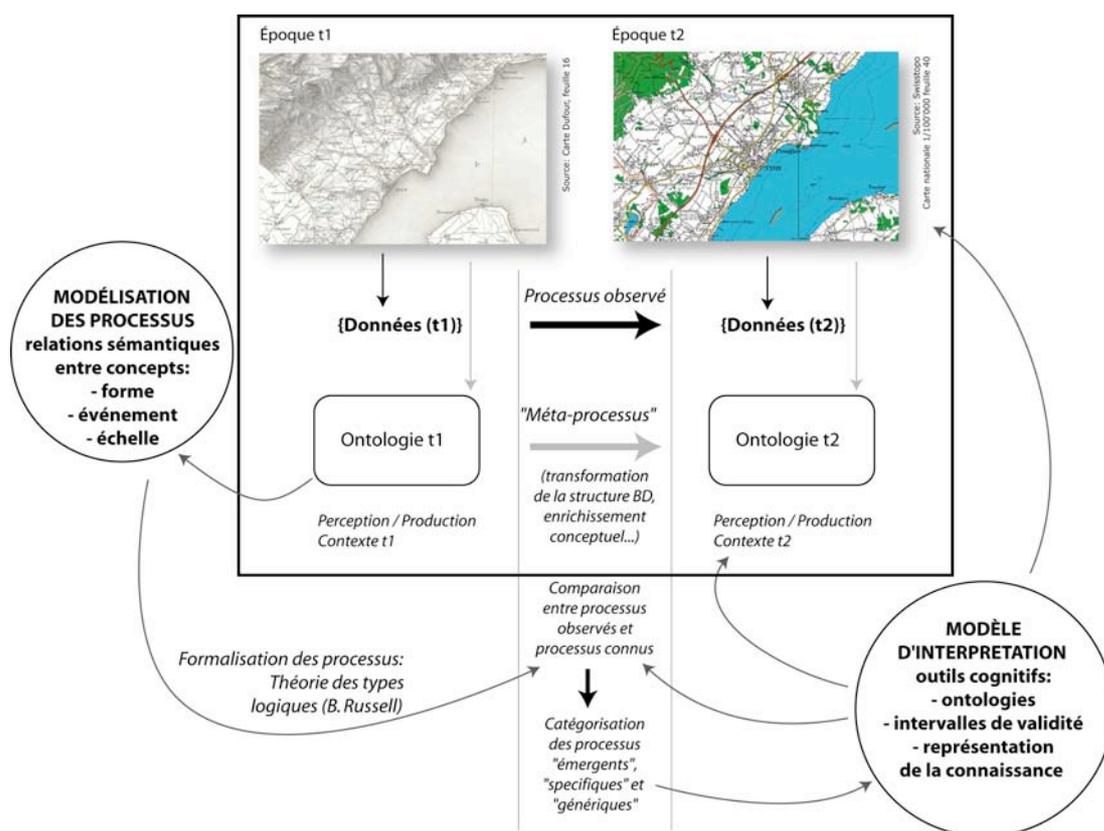


Figure 6.1: Problématique de la formalisation des processus morphologiques.

En mettant en évidence ce double processus des données et des concepts, nous abordons la question du processus morphologique sans réduire sa complexité à l'une ou l'autre des composantes matérielles ou idéelles seulement. Afin de vérifier cette hypothèse, nous cherchons donc à expliciter les relations entre les différents niveaux d'abstraction qui découlent de ce découpage en instances et concepts, c'est-à-dire à appréhender la question: "où le changement a-t-il lieu?". La réponse à cette question nous permettra de circonscrire de manière détaillée la nature du changement que nous cherchons à formaliser et, partant de là, la nature des données nécessaires à leur caractérisation empirique.

Ainsi, l'étude des sources historiques (états 1 et 2) permet l'extraction de deux types d'information:

- Les données, qui alimentent une base de données géoréférencée utilisée pour la caractérisation empirique des processus morphologiques.
- Les concepts, qui rendent ces données compatibles entre elles et avec les connaissances du territoire à un moment donné de l'histoire, afin qu'elles puissent être interprétées *a posteriori* depuis notre position d'observateurs.

En effet, les données extraites dépendent du contexte historique de production de cette information et sont le reflet de l'intentionnalité des cartographes de l'époque (Bertrand 2005). Il est donc aussi nécessaire de structurer les connaissances non réductibles pour permettre leur représentation et, éventuellement, l'émergence d'une connaissance nouvelle, mise "en lumière [par] la stratification complexe des significations multiples d'un concept datant d'époques différentes" (Koselleck 1990, p.114).

La conceptualisation des processus morphologiques que nous allons proposer consiste donc en une structuration des données morphologiques (les **instances**), d'une part, et des **concepts** et des **relations** sémantiques, qui déterminent ce que nous entendons par processus morphologique, d'autre part. Cette structuration des concepts, relations et instances s'appelle, dans le domaine des sciences de l'information, une **ontologie**³⁰.

La démarche de structuration proposée a une visée avant tout méthodologique d'aide à la formalisation et ne se réduit pas à la question de communication entre plusieurs bases de données pour laquelle elle a été conçue (Fonseca, Egenhofer et al. 2002; Gómez-Pérez, Fernández-López et al. 2004). Ainsi, en définissant une famille d'ontologies par époque³¹, qui structure les connaissances sur les données pertinentes pour une caractérisation empirique, nous cherchons à déterminer les catégories cognitives en jeu dans l'exploration des processus historiques liés à la morphologie urbaine.

Ainsi, l'extraction des informations pour la description et la caractérisation des processus morphologiques se fait en parallèle, sur la base des connaissances historiques disponibles au sujet de leur mode de production (archives, dictionnaires historiques, cartes, etc.) et des connaissances actuelles sur les processus eux-mêmes.

Le terme de processus étant polysémique, et afin de rendre plus aisée la lecture de ce travail sur l'évolution des données et l'évolution de la conceptualisation des réalités sociales, nous introduisons une nuance terminologique par le biais d'un néologisme. Le premier cas (évolution des données) sera désormais simplement appelé **processus observé**, tandis que le second, ayant trait à l'évolution des catégories abstraites, sera appelé **métaprocessus**³².

La modélisation basée sur l'ontologie étant définie comme une structure relationnelle à deux niveaux (concepts et instances), elle devrait aussi nous permettre d'explorer d'autres configurations à partir de la recombinaison des concepts qui la définissent (points de vue) et ainsi, par le biais des analyses empiriques résultant de la reconfiguration conceptuelle, de "traquer" les événements et les traces des processus émergents (non formalisés *a priori*) en les comparant à la conceptualisation réalisée à partir des dictionnaires, vocabulaires et glossaires morphologiques.

³⁰ En minuscule, par opposition à l'Ontologie, domaine philosophique de l'étude de l'être que nous n'abordons pas ici.

³¹ Ontologies locales historiquement connotées.

³² Référence est faite à la métadonnée qui est elle-même une donnée qui nous renseigne sur la nature, le mode d'acquisition, la périodicité de mise à jour, etc. des données peuplant la base de données, tout en se situant à un niveau cognitif différent puisqu'elle n'est pas une donnée au sens strict du terme, c'est-à-dire la valeur issue d'une mesure
Chrisman, N. (2002 (1997)). *Exploring Geographic Information Systems*. New York, Wiley. ; Béguin, M. and D. Pumain (2005). *La représentation des données géographiques. Statistique et cartographie*. Paris, Armand Colin.

La base de connaissances ainsi conçue remplit deux rôles distincts : 1° en tant que mémoire structurée des connaissances historiques mettant en relation les concepts avec les instances de la base de données géoréférencée; 2° en tant qu'outil de catégorisation des processus émergents identifiés grâce à l'exploration systématique de ces mêmes données.

6.2.2 Exemple de traduction: la mesure de l'occupation du sol et les échelles de l'information

L'analyse de l'occupation du sol est un terrain idéal pour l'illustration de la problématique de la traduction décrite ci-dessus. En effet, cette analyse s'effectue sur la base de données quantifiables et non-quantifiables³³. Ainsi, la statistique de surface ou les données statistiques basées sur le recensement de la population ou des entreprises permettent d'évaluer la nature de l'occupation anthropique du territoire et, dans certains cas, son évolution temporelle (Schuler, Dessemontet et al. 2007).

Ces données sont généralement accessibles à l'adresse et, plus généralement, sur la base d'une grille régulière permettant de protéger les données individuelles ou encore de réduire le coût de l'acquisition par échantillonnage³⁴ des images de télédétection (Office fédéral de la statistique 2008). Ces informations sont donc très utiles lorsque l'échelle d'analyse est celle du territoire ou, éventuellement, celle de l'agglomération urbaine, mais sont plus rarement disponibles à l'échelle du tissu urbain ou du bâti³⁵.

Ces différentes informations, qu'elles soient obtenues à partir de relevés au sol ou par télédétection, posent nécessairement la question de leur échelle de pertinence (Boudon 2001). En effet, qu'il s'agisse des adresses ou des pixels, l'information contenue dans ces couches doit subir deux types d'interprétation au moins pour être exploitable : la sectorisation (ou agrégation spatiale en unités comparables) et la classification³⁶ (Golay 1992). De plus, le passage d'une échelle à une autre implique forcément une réinterprétation des données par simplification (généralisation ou schématisation) ou par enrichissement (spécialisation ou décomposition) des informations existantes (Béguin and Pumain 2005):

- La schématisation, de nature structurale ou conceptuelle, permet de simplifier l'information pour la rendre communicable à une plus petite échelle.
- La décomposition, nécessite non seulement une réinterprétation des données existantes, mais aussi un apport en nouvelles données.

³³ Appelées aussi thématiques.

³⁴ Carroyage (Golay 1992).

³⁵ Exception faite des données socio-économiques à l'adresse ou des données géographiques à très haute résolution, comme, par exemple, les données obtenues grâce à la technologie LIDAR Cracknell, A. P. and L. Hayes (1991). *Introduction to Remote Sensing*. London, Taylor & Francis..

³⁶ Par définition de classes de valeurs permettant de structurer les résultats et communiquer le message par le biais de cartes choroplèthes ou en cercles proportionnels, par exemple.

Ce changement d'échelle par agrégation des données induit par ailleurs un biais de représentativité statistique connu sous le nom d'effet M.A.U.P.³⁷ (Openshaw 1984). L'effet M.A.U.P. découle des incertitudes liées aussi bien au nombre de découpages nécessaires qu'à l'agrégation de données hétérogènes au sein d'unités spatiales homogènes. En d'autres termes, le choix de l'échelle de pertinence détermine la représentativité des résultats de l'analyse statistique, en plus de la nature des objets observables (Amrhein 1995).

D'un autre côté, les données à l'échelle parcellaire sont souvent de nature thématique (nom du propriétaire, n° de parcelle, statut de la parcelle, type d'occupation, etc.), d'origine administrative (cadastre), ou encore acquises par des relevés ad hoc (occupation des rez-de-chaussée, par exemple). Cette information permet de procéder à des analyses de type socio-économiques ou, plus généralement, fonctionnelles au niveau du tissu bâti (Slater 1990). Ainsi, le type d'occupation (habitations, industrie, artisanat ou paléo-industrie, etc.), la typologie de l'occupation (habitat groupé ou individuel), la nature de la propriété (privée ou publique), etc. permettent une différenciation en fonction de ce contenu thématique et servent de base à la construction de cartes par le biais des relations sémantiques³⁸ entre les classes d'objets qui nous intéressent.

Enfin, l'acquisition de données à grande échelle, souvent réalisée manuellement, est une limite opérationnelle à l'exploration systématique des processus à l'échelle parcellaire. En effet, afin de rendre compte des questions de forme urbaine, il est nécessaire de compléter les données existantes à petite échelle (modèles de paysage) par des données à grande échelle (parcellaire, bâtiments et affectations). Malheureusement, leur acquisition numérique n'est pas systématique³⁹, ce qui est encore moins le cas des données proprement historiques⁴⁰.

³⁷ *Modifiable Areal Unit Problem.*

³⁸ Le terme "sémantique" est utilisé dans les SIG dans un sens très étroit, puisqu'il s'agit de toute information qui n'est pas de nature quantifiable (géométriquement ou topologiquement) et qui nécessite de définir des relations non réductibles à des opérateurs mathématiques (de comparaison, arithmétiques, topologiques, logiques ou statistiques).

³⁹ Par exemple, le parcellaire actuel de la vieille-ville de Lausanne n'est pas encore accessible en format numérique.

⁴⁰ La base de données historique qui a été mise à notre disposition constitue en fait une des rares tentatives d'acquisition systématique des données historiques à l'échelle parcellaire.

6.3 Les dimensions temporelles du processus morphologique: temporalité et historicité

Par définition, l'analyse des processus nécessite l'intégration de la variable temporelle en sus de toutes les autres variables (géométriques, topologiques et thématiques) permettant de caractériser les phénomènes étudiés. Or, la manière dont ces données sont combinées peut se synthétiser selon deux points de vue différents, mais complémentaires: la temporalité et l'historicité.

- La notion de *temporalité* consiste à prendre en compte le temps comme une variable indépendante et homogène en fonction de laquelle il est possible de dériver toute autre variable géométrique ou thématique. Cette approche rend le traitement informatique extrêmement aisé tout en laissant à l'historien le soin d'interpréter les observations ainsi acquises (histoire sérielle). L'attribution d'une signification à ces observations est le fait de l'analyste et est donc exclue du calcul proprement dit.

- L'*historicité*, quant à elle, est une construction cognitive qui combine les questions temporelles et sémantiques afin de caractériser les faits observés par rapport à un contexte historique donné. Elle est mesurée, non pas à partir d'une série chronologique, mais de façon synchronique sur la co-présence de configurations connotées historiquement. C'est en quelque sorte la mesure de l'intensité de mixité historique à un moment donné.

Ces approches se distinguent essentiellement par la prise en compte du contexte historique.

Si l'on considère l'angle d'attaque du paradigme de décalage historique (cf. §4.3), la notion de contexte n'est rien d'autre qu'une "invention anachronique", dans le sens qu'elle permet de réduire la complexité d'une réalité passée en la rendant intelligible à notre point de vue d'observateurs situés "en aval" des phénomènes qui nous occupent. La prise en compte du contexte peut donc être effectuée de différentes manières:

- Comme une caractéristique englobante déterminant la cohérence de l'ensemble des faits étudiés circonscrit aussi bien dans un temps que dans un espace isotropes (régionalisme, découpage des périodes historiques, etc.). Partant de là, il est possible d'éviter toute déviation ou contamination extérieure au "système" ainsi prédéfini.

- Comme un déterminant local de l'évolution du phénomène observé. Dans ce cas, le contexte est compris en tant que référence mouvante permettant de définir le référentiel d'interprétation localement dans le temps et dans l'espace d'une configuration concept-instance donnée. En le considérant ainsi, nous devons prendre en considération la relativité historique et sémantique des catégories qui permettent de structurer l'information.

A titre d'exemple, les variations des loyers à travers le temps (pour autant qu'elles soient indexées) peuvent être analysées selon ces deux points de vue.

D'un côté, ces variations peuvent être calculées par rapport à un pas de temps constant (voire une dérivée si le pas de temps tend vers zéro) et permettent donc de faire émerger des questions de taux différentiels (conjoncture, etc.), voire des régularités sur des périodes de temps plus longues (cycles). D'un autre côté, la mesure d'historicité consiste à vérifier la coexistence de régimes fonciers distincts dans une zone donnée, dénotant souvent de la mixité socio-économique de la population résidente (Marchand 1993).

6.4 Coupes synchroniques: unicité de la représentation cartographique et multitude de processus à l'œuvre

En mettant en relation le statut temporel avec les jeux de données partiels, il devient nécessaire d'explicitier le problème des coupes synchroniques, et de leur mise en série. Nous montrerons ici les liens existants entre les deux lectures synchronique et diachronique et la difficulté intrinsèque à proposer un unique modèle d'interprétation, basé par exemple sur l'autocorrélation spatiale locale (Anselin 1995).

En effet, lorsque nous effectuons une "coupe synchronique" pour représenter un moment du processus, nous remarquons que les observations représentées sont souvent irréductibles à une cause unique⁴¹. Il s'agit dans ce cas de maintenir la complexité en proposant un faisceau vraisemblable de causes possibles. En règle générale, ce point de vue est appliqué lorsque la représentation est unique et que les causes possibles expliquant le résultat visible sont nombreuses.

Ainsi, les données à disposition étant fragmentaires - états peu nombreux, classes de données restreintes, etc. - et ne permettent pas de donner *a priori* une réponse univoque à la question des modalités d'évolution des formes urbaines (Malfroy 2001), il nous a fallu envisager deux cas différents concernant la caractérisation des processus morphologiques:

1° Les états observés et mesurés de l'évolution urbaine sont le résultat visible d'un composite d'instances représentant une multitude de processus distincts et temporellement concomitants. En ce sens, dans chacune des couches historiques accessibles, les formes identifiables sont le résultat de processus indépendants qu'il s'agit d'isoler (cf. figure 6.2).

41

En considérant que toute cause a un effet unique et réciproquement. Dans un sens, il s'agit d'établir une loi qui attribue un rôle précis à chacun des termes de l'équation de façon univoque (déterministe ou probabiliste) et, dans le cas inverse, il s'agit de partir des effets pour chercher une cause plausible (paradigme indiciaire).

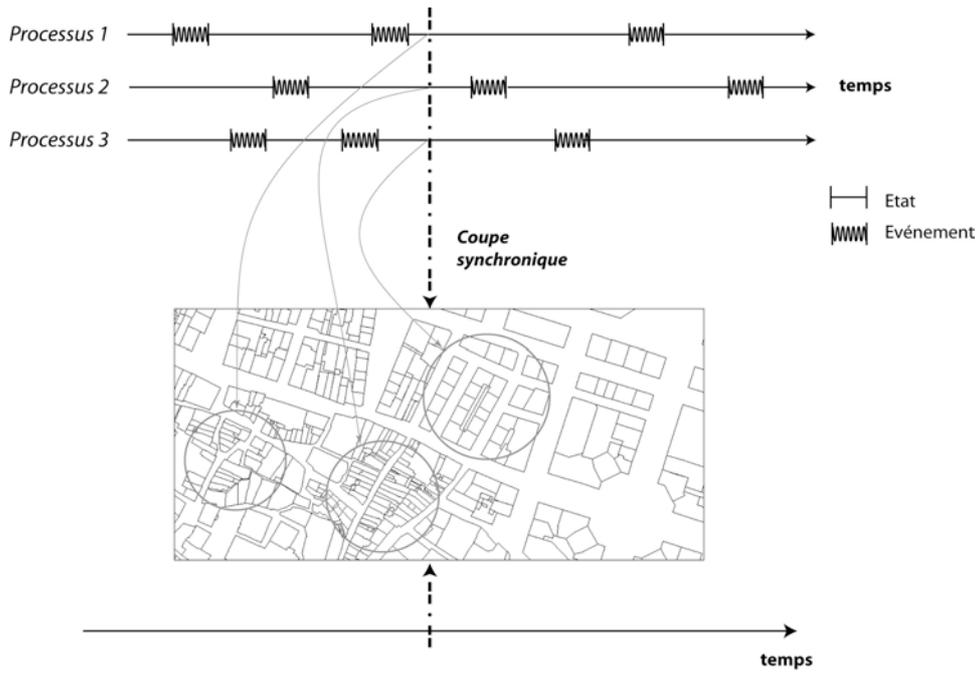


Figure 6.2: Problématique des coupes synchroniques: multitude d'états indépendants (cas 1).

2° Les états observés et mesurés de l'évolution urbaine sont le résultat d'un nombre restreint de processus indépendants. Partant de là, la diversité résultante est due au fait que ces structures correspondent bien à des étapes successives d'un même processus, représentées simultanément (cf. figure 6.3).

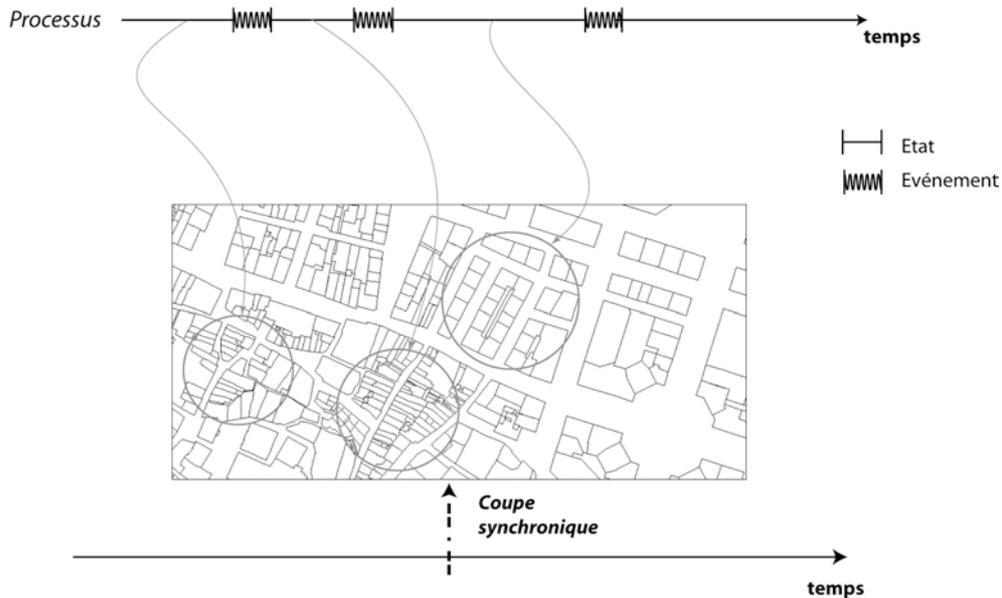


Figure 6.3: Problématique des coupes synchroniques: coexistence synchronique d'un seul processus (cas 2).

En cherchant à caractériser les résultats possibles de l'analyse d'autocorrélation, nous avons mis en évidence quatre possibilités:

- Les unités spatiales sont autocorrélées, car elles résultent du même processus, dont les états mesurés⁴² sont identiques et contemporains.
- Les unités spatiales sont autocorrélées, car elles résultent de processus différents, mais ayant au moins une stase identique et contemporaine.
- Les unités spatiales ne sont pas corrélées, car elles résultent du même processus ou de processus différents, dont les éventuelles stases identiques seraient décalées dans le temps.
- Les unités spatiales ne sont pas corrélées, car elles résultent de processus différents n'ayant aucune stase commune.

En d'autres termes, les transformations diachroniques peuvent être identifiées par l'un ou l'autre modèles de caractérisation synchronique proposés ci-dessus: soit en étudiant l'évolution des différentes unités spatiales, indépendamment les unes des autres, puis en vérifiant si une autocorrélation spatiale locale entre elles existe; soit par l'analyse d'instances coexistantes sur un même plan, mais pouvant représenter des niveaux d'évolution différenciés du même processus. En ce sens, notre approche correspond à une généralisation et une critique de la loi de Tobler (Tobler 1970), car la proximité spatiale n'est plus suffisante pour expliquer une similarité, étant donné qu'elle est aussi variable dans le temps et que les autocorrélations dépendent de facteurs liés à la structure du processus et ne sont pas une qualité intrinsèque de la localisation.

A l'inverse, l'utilisation des outils d'analyse exploratoire, comme l'autocorrélation spatiale locale, nous permettent de trouver des "candidats" pouvant caractériser les processus. Cependant, il faut encore prouver 1° que les unités sont comparables entre elles (cf. Chapitre 8) et 2° qu'elles sont représentatives du même processus. Ainsi, dans le cas des séries chronologiques partielles du même processus (ontologies par époque), on pourra chercher à repérer des couples ayant des évolutions semblables entre les différentes couches historiques. On parlera alors d'*atavismes* repérables deux à deux dans les couches historiques analysées de façon synchronique.

De cette manière, à partir de la reconnaissance d'un certain nombre de formes données, il devient possible en théorie de reconstituer le processus de consolidation de celles-ci. En procédant "à reculons", nous distinguons les *atavismes* (arrangements spatiaux à un stade identique de développement, mais décalés dans le temps) des *germes de dissémination*, qui constituent un état intermédiaire des formes constituées évoluant de façons différentes.

⁴²

Nous appelons ces états mesurables les *stases* du processus.

L'étude comparative des différents germes permet ensuite de mettre en évidence les "variantes synchroniques" (Malfroy 2001), qui sont des variations diatopiques d'un même germe initial. Les outils comparatifs les mieux adaptés pour l'approche par coexistence synchronique sont les outils de visualisation basés sur les constructions typologiques (Gardin 1979), comme, par exemple, la méthode des *small multiples* (Tufté 1999). Nous utiliserons ces outils pour mettre en évidence l'évolution des configurations spatiales au chapitre 10, lorsque nous chercherons à caractériser le processus de cycle de développement parcellaire à l'aide des données géo-historiques de Genève.

6.5 Décomposition du cycle de développement parcellaire en concepts et instances

Nous revenons ici sur l'exemple de cycle de développement parcellaire pour montrer que les dichotomies entre concepts et instances et entre temporalité et historicité sont présentes dans ce processus.

En effet, la mise en série des mesures d'occupation du sol nous permet de comprendre la notion de temporalité. La courbe résultante représente donc bel et bien l'évolution de la densité. Toutefois, que ce soit la nature de l'occupation du bâti (artisanat paléo-industriel, logement, commerce, industrie, etc.) ou la définition de la propriété privée, qui conduisent à la définition des cadastres exploités, elles diffèrent malgré une cohérence géométrique évidente. Pour saisir ces transformations et ces mutations à travers le temps, il est donc nécessaire de prendre en considération les deux aspects, quantifiables et non-quantifiables, de l'information et déterminer dans quelle mesure ils sont compatibles dans la durée. Cette charge sémantique des configurations spatiales nous permet de comprendre la notion d'historicité.

En termes morphologiques, les configurations spatiales répondant à une caractérisation numérique et interprétées comme historiquement déterminées s'appellent, dans le vocabulaire de Caniggia, des *types portants*⁴³. Par extension, l'évolution des types portants (*processus typologique*) de façon diatopique ou diachronique permet d'établir les tableaux de variantes synchroniques et de transformations diachroniques (processus de restructuration et/ou de reconstruction) (Malfroy 2001, p.133).

L'analyse de ce processus peut alors être représentée en fonction des variations par rapport à une forme "idéale" ou "archétypique". Ce processus est alors "visible" et mesurable grâce à une analyse des modifications de l'arrangement initial. Cette question des variantes synchroniques que nous avons modélisées par la notion de coupe synchronique sera illustrée en même temps que la caractérisation de ce processus à partir des données du géopatrimoine au chapitre 10.

⁴³

"Edifice ou aménagement urbain correspondant au moment de sa construction à une solution constructive reflétant au mieux l'état des exigences d'usage en vigueur en un lieu donné, ne subissant aucun conditionnement défavorable du fait de la topographie ou d'un site déjà aménagé" (Gauthiez 2003).

6.6 Synthèse et conclusions du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons décrit la double nature de notre objet de recherche: les instances et les concepts. La reconnaissance de cette double structure et de leurs relations réciproques nous a permis de proposer un parallèle entre les processus morphologiques et le processus informationnel et cognitif de production de connaissances. De plus, nous avons discuté la double dimension temporelle du processus morphologique: la temporalité et l'historicité. En abordant ainsi la problématique du processus morphologique, nous avons pu rendre explicites les hypothèses sous-tendant les questions liées à la représentation cartographique. L'unicité de la représentation, coupe synchronique, et la multiplicité des processus dont elle peut résulter, nous a par ailleurs permis de montrer le lien entre l'approche synchronique et l'approche diachronique.

Au chapitre suivant, nous continuons à expliciter le processus de production de connaissances à partir de la question des échelles. Nous tenterons aussi une première généralisation de la démarche de caractérisation qui nous permettra de montrer la distinction entre la caractérisation à proprement parler (approche top-down) de l'exploration des données conduisant à l'émergence de nouveaux concepts (approche bottom-up).

7. La signature géo-historique: principes pour la caractérisation et l'exploration des processus morphologiques

7.1 Introduction

Au chapitre précédent, nous avons spécifié les composantes conceptuelle, factuelle et temporelle de notre objet de recherche: le processus morphologique. L'explicitation de ces notions permet de le considérer du point de vue de la science de l'information géographique comme un processus informationnel et cognitif.

En nous basant sur cette conceptualisation, nous allons, dans le présent chapitre, développer deux approches : top-down et bottom-up, définissant respectivement le principe de caractérisation et le principe d'exploration comme des mises en relation entre les concepts et les instances. Du point de vue cognitif, ces relations permettent à un concept, soit d'être caractérisé par des instances, soit d'émerger à partir de l'interprétation d'une série d'instances significatives. Nous appellerons cette mise en relation entre concepts et instances dans un espace sémantique, la *signature géo-historique* du phénomène.

Ce chapitre est structuré de la façon suivante:

- Principes de discrétisation et d'agrégation de l'information pour la morphologie urbaine.
- Discussion du rôle des échelles dans la production de connaissance sur la base d'exemples.
- Définition de la signature géo-historique.
- Systématisation des approches top-down et bottom-up.

7.2 Echelles et processus de production de connaissance

7.2.1 Discrétisation et agrégation de l'information

Pour les besoins de notre travail de conceptualisation et de formalisation du processus morphologique, ancré entre l'étendue géographique et la profondeur historique, il nous faut expliciter les différences entre les fenêtres d'analyse et les échelles émergentes, ainsi qu'entre les séries chronologiques et les cas singuliers. Dans ce chapitre, nous montrerons, grâce à des exemples, comment ces différentes conceptualisations peuvent être considérées comme des modèles permettant de produire des connaissances nouvelles dans les champs morphologique et historique.

De plus, du point de vue de la science de l'information géographique, la question de l'échelle se retrouve dans trois registres au moins, à savoir: 1° la discrétisation de l'information en fonction de l'échelle d'analyse (découpage a priori), 2° l'agrégation des données de manière à faire émerger une synthèse à une échelle supérieure (recomposition a posteriori) et 3° les relations interscalaires ainsi que les changements de point de vue que génère ce processus de découpage-agrégation.

Le processus de discrétisation de l'information territoriale discrimine les objets qui pourraient être présents dans une réalité donnée pour n'en retenir que les plus significatifs. On parle alors d'échelle de pertinence (Boudon 2002), ou, en termes des SIG, de grain de l'information⁴⁴. Ce grain de l'information n'est pas seulement une limite inférieure à ce que l'on peut acquérir comme information, il détermine aussi la nature des relations qu'il est possible de caractériser entre les objets co-présents dans cette nouvelle réalité dérivée par la définition, a priori, de l'échelle. Du point de vue de la morphologie urbaine, le grain de l'information correspond, selon les écoles morphologiques, soit à la parcelle⁴⁵, soit à la pièce à l'intérieur d'un édifice⁴⁶.

A l'inverse, l'étendue de validité des relations entre les objets détermine ce que nous appelons l'échelle émergente, car elle définit les niveaux d'agrégation permettant l'émergence des formes à une échelle supérieure à l'échelle de discrétisation. Le type d'agrégation sur lequel se base la forme urbaine se détermine donc par une co-spatialité et une co-occurrence des phénomènes à l'échelle immédiatement inférieure à l'échelle de la forme. Ainsi, par exemple, un tissu urbain donné émerge comme un arrangement d'ordre supérieur par rapport aux éléments qui le composent, à savoir, le bâti, le parcellaire et le réseau viaire. Or, ses composantes ne peuvent être définies qu'à l'échelle du bâti ou du parcellaire.

Cette méthode de décomposition-recomposition est une première application de la théorie des types logiques (Russell 1908) (cf. §5.3). La forme émerge donc comme une proposition d'ordre supérieur et n'est pas une donnée a priori du territoire représenté en éléments simples. Elle est le résultat d'une recomposition d'éléments d'ordre inférieur, qui ne sont pas porteurs de cette connaissance de manière intrinsèque. C'est au travers du processus interprétatif que l'observateur applique aux données qu'il devient possible d'assimiler un arrangement spatial à une synthèse d'ordre supérieur. Une fois que nous avons accès à cette synthèse, c'est-à-dire que nous sommes capables de reconnaître une forme donnée, elle sera désormais toujours identifiée à une extension du langage de représentation (*Gestalt switch*, cf. §9.1). La forme urbaine devient alors

⁴⁴ Plus petite unité cohérente (Chrisman 1997).

⁴⁵ Appelée *plot* en anglais (Vernez-Moudon 1999).

⁴⁶ Approche typo-morphologique (Caniggia 1979, Malfroy 1986).

information. De façon plus formelle, le passage d'une proposition d'ordre n à une autre d'ordre $n+1$ peut être aisément appréhendé par le changement d'échelle. En effet, à une échelle inférieure, des régularités dans la distribution des entités spatiales, définies à une échelle supérieure, peuvent être reconnues. L'échelle joue ainsi un double rôle, de limitation ou de réduction de la réalité (le grain et l'échelle pertinente) et de possibilité d'émergence de connaissances cachées à première vue (échelle émergente).

Du point de vue de la théorie morphologique, nous trouvons ces deux formulations de l'échelle dans chacune des écoles choisies pour ce travail. D'un côté, l'école italienne définit les fenêtres d'analyse ou échelles de lecture (*scala di lettura*) permettant de saisir la forme urbaine : le bâti, le quartier, la ville et le territoire (Caniggia and Maffei 2000, Malfroy 2001). D'un autre côté, l'école anglaise cherche, par le biais du principe d'emboîtement hiérarchique des régions morphogénétiques (*principle of hierarchical nesting of morphogenetic regions*), à déterminer des niveaux de synthèse émergents. Ces niveaux sont : le morphotope, l'unité-rue, le tissu bâti, l'unité de plan et les régions morphogénétiques (Conzen 2004). Grâce à notre analyse, nous cherchons à démontrer la complémentarité de ces deux approches dans un processus de production de connaissance.

En ce qui concerne les échelles temporelles, nous nous trouvons face à une problématique similaire de découpage-agrégation, mais avec des difficultés théoriques différentes, ne permettant pas d'appliquer aussi aisément la théorie des types logiques. En effet, le grain temporel n'est pas seulement une limite intrinsèque de l'information chronologique, il peut aussi impliquer un processus secondaire, celui de sa constitution en événement. Ainsi, deux natures distinctes cohabitent dans la question temporelle: le temps comme pointeur et le temps comme séquentialité, qui définissent les données selon différentes échelles de l'information. Les intervalles nécessitent, par exemple, une échelle ordinale permettant de définir un système de référence et des lois d'exclusion évitant les anachronismes. Parallèlement, ces intervalles sont composés des données nominales permettant de connoter une information spatiale (le style architectural victorien ou l'immeuble haussmannien, par exemple) en référence à une conceptualisation donnée ou partagée.

Le modèle de production de connaissance que nous proposons se base sur ce processus de découpage-agrégation. Nous explicitons par des exemples les différentes procédures décrites ci-dessus.

7.2.2 Exemple 1: la *scala di lettura*

La notion d'échelle d'observation est certainement la plus intuitive. C'est le rapport de taille qui détermine la catégorie d'appréhension du territoire selon une classification "naturelle", allant du plus particulier au plus général. Nous pouvons définir cette échelle d'observation comme étant a priori toute forme de hiérarchie permettant d'isoler les effets dus aux rapports de taille.

En d'autres termes, elle permet de définir *a priori* les structures signifiantes et détermine ainsi les objets qui participent à la reconnaissance des formes urbaines (Caniggia and Maffei 2000; Panerai, Castex et al. 2001). Le système de relations qui conduit à l'émergence de cette forme est directement déduit de l'échelle d'observation choisie. Chacune de ces échelles peut être comprise comme la synthèse englobante des processus qui s'y déroulent et qui sont mesurables par les instances définies à l'échelle directement inférieure. Par exemple, "*le bâti comme individuation historique (spatiale et temporelle) du processus typologique*" (Caniggia and Maffei 2000, p.47), synthétise l'ensemble des relations sémantiques et temporelles entre les pièces d'un bâtiment permettant l'émergence d'une "généalogie" des arrangements spatiaux à l'intérieur de l'édifice.

Ainsi, c'est à l'échelle de l'îlot ou du quartier que les processus parcellaires sont perçus, tandis que c'est à l'échelle de la ville que l'évolution du tissu urbain est observable (Panerai, Depaule et al. 1999). Les relations entre une échelle donnée et les phénomènes que l'on peut y observer sont prédéterminées par les choix de l'observateur. C'est-à-dire qu'en définissant n'importe quelle hiérarchie structurelle a priori, il devient possible de restreindre la nature de l'information à collecter, la résolution de cette information et le type de représentation possible.

Suivant le découpage donné par Caniggia, on reconnaît généralement quatre niveaux préfigurant les processus observables "à l'échelle de":

- *L'édifice*: définit les relations entre l'agencement intérieur des pièces et la forme de l'édifice.
- *Le tissu*: définit les relations entre les édifices et les parcelles, puis la reconnaissance des îlots comme structures intermédiaires et enfin le quartier où le tissu est visible.
- *La ville*: définit les relations qu'entretiennent les différents tissus et le découpage fonctionnel de la zone morphologiquement continue.
- *Le territoire*: définit les relations entre les unités constituées par les villes, les réseaux viaire et hydrographique et la topographie générale.

Les exemples ci-dessous, extraits des travaux de Caniggia et Maffei (2001) permettent d'illustrer la démarche de caractérisation par échelles de lecture (cf. figures 7.1, 7.2 et 7.3).

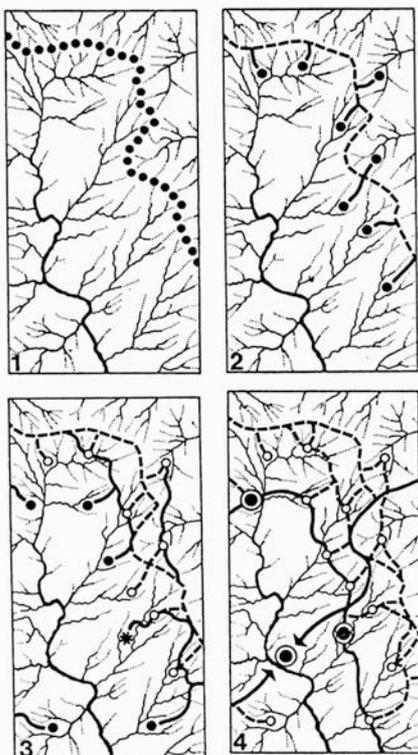


Figure 7.1: Echelle territoriale: modèle théorique d'implantation (Caniggia et Maffei 2001).

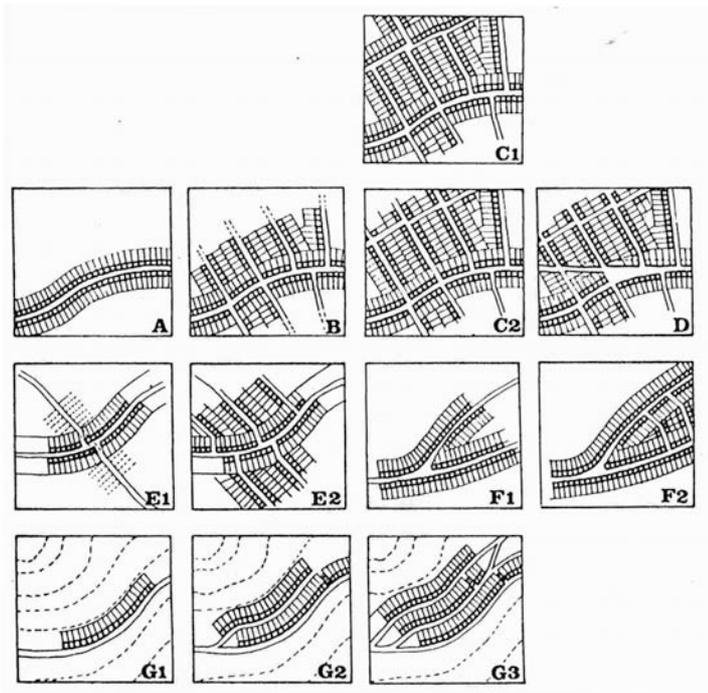


Figure 7.2: Echelle urbaine: modèle de processus de formation du tissu urbain (Caniggia et Maffei 2001).

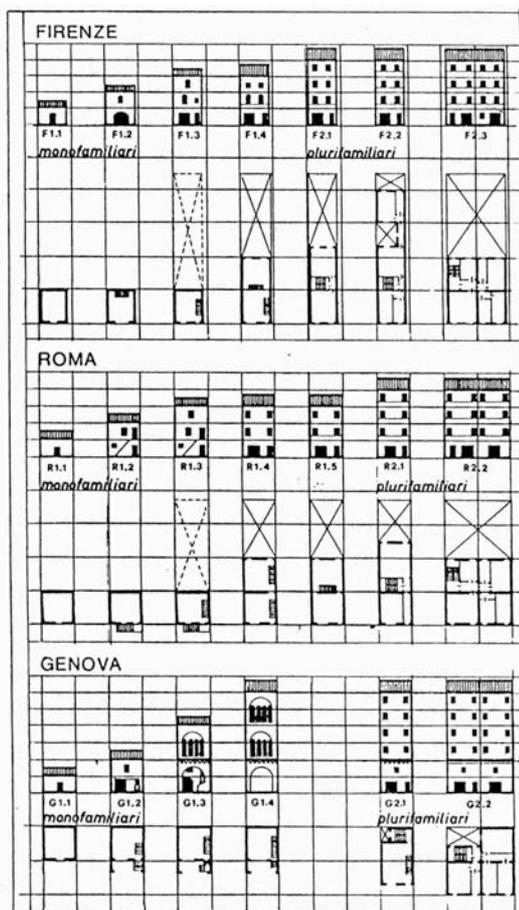


Figure 7.3: Echelle du bâti: schéma de reconstruction des principales variantes diachroniques et diatopiques du bâti élémentaire (Caniggia et Maffei 2001).

Dans ces exemples, les processus d'implantation, de formation et de différenciation, sont décrits à partir des informations liées à l'échelle d'analyse. Dans le premier cas, orographie et réseau routier, dans le second, réseau routier et orientation parcellaire et, enfin, dans le troisième, façades et organisation des pièces. Dans cette approche, l'emboîtement entre les différentes échelles est une "donnée a priori" découlant d'une vision organiciste (Malfroy 2001), où chacune des échelles participe à la construction d'un système global.

Cette démarche découle d'une posture purement analytique, où il est d'abord question de caractériser les phénomènes observables à une échelle donnée, par comparaison des types ou par classification des résultats. Nous proposons une généralisation de cette approche en tant que processus de production de connaissance (cf. figure 7.4).

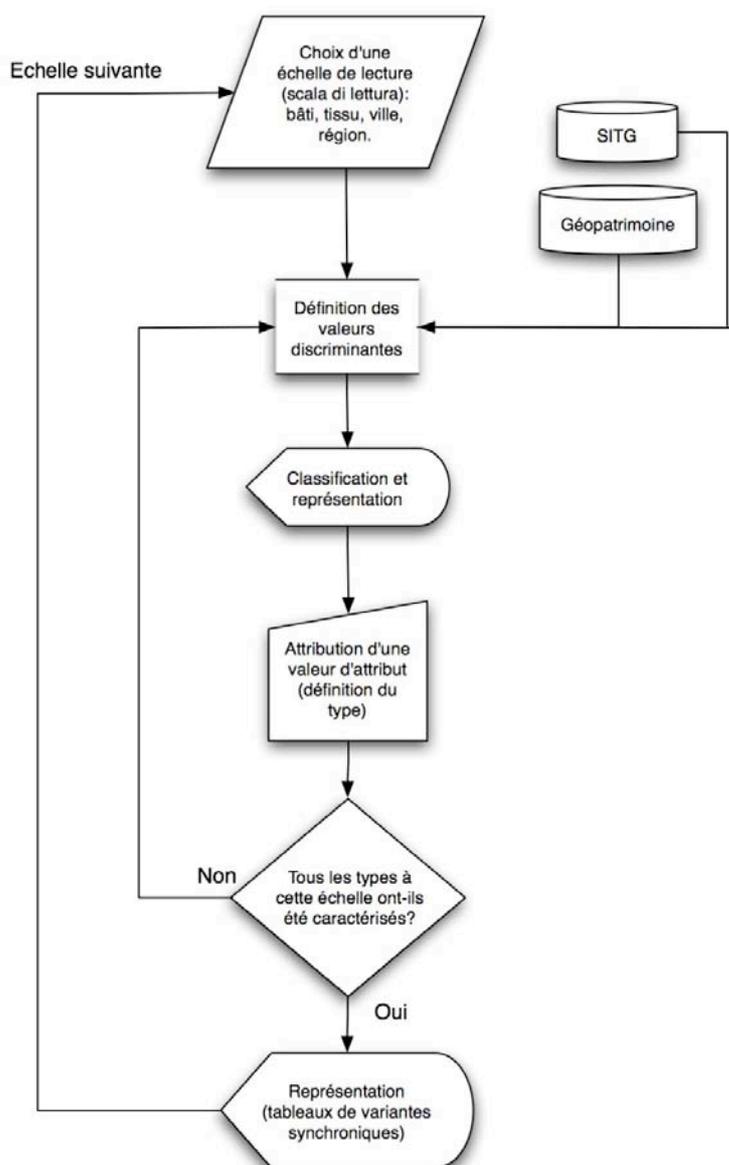


Figure 7.4: Organigramme de l'approche par échelles de lecture.

Les étapes de ce processus informationnel peuvent être explicitées comme suit:

1. Choisir une échelle de lecture (*scala di lettura*): bâti, tissu, ville, région, et extraire les données y relatives.
2. Déterminer, par le biais d'indicateurs, les mesures discriminantes relatives aux différents types recherchés.
3. Classification des résultats et définition des degrés de variation par rapport au *type portant*.
4. Attribuer une valeur d'attribut aux entités correspondantes à cette échelle et définition des types et des variantes.
5. Itération à partir de 2. jusqu'à ce que tous les résultats soient caractérisés à l'échelle choisie.
6. Itération à partir de 1. jusqu'à ce que toutes les échelles soient caractérisées.

On observe qu'entre les différentes échelles, il n'y a pas de relations explicites autres que l'effet structurant des réseaux. Les données sont extraites et organisées en fonction des besoins de chaque niveau d'analyse, mais sans que les interactions entre échelles puissent être réellement explicitées.

En contre-partie, le fait de fixer l'échelle spatiale permet de libérer l'échelle temporelle pour permettre des comparaisons diachroniques d'une configuration spatiale à travers le temps, à condition que les données soient comparables entre elles. Un exemple paradigmatique de ce point de vue est celui de l'analyse diachronique et contextualisée de l'évolution de l'îlot à la barre illustré à la figure 7.5 (Panerai, Castex et al. 2001).



Figure 7.5: Evolution schématique de l'îlot à la barre (Panerai et al. 2001)

Dans ce travail, les auteurs montrent comment l'évolution des formes à une échelle donnée dépend de l'évolution des rapports entre le tracé des rues, la forme des parcelles et le type de bâtiments correspondants. En privilégiant ainsi une échelle de lecture pour "*comprendre l'îlot non comme une forme a priori, mais comme le résultat, comme une structure qui organise une portion du territoire urbain*" (ibid, p.184), ils parviennent à expliciter les différences culturelles et architecturales qui jalonnent l'évolution de la forme urbaine.

7.2.3 Exemple 2: l'échelle émergente et le principe d'emboîtement hiérarchique des régions morphogénétiques

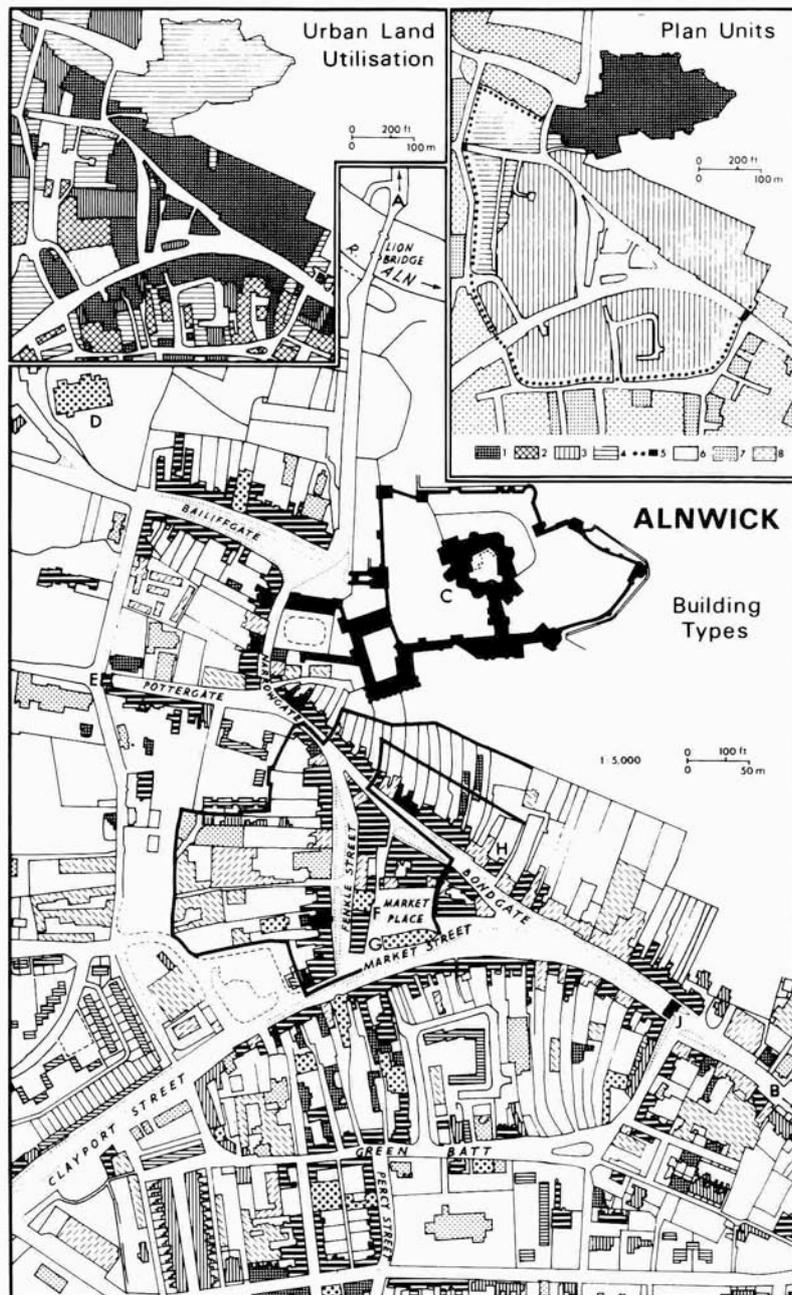
L'autre manière d'aborder la question de l'échelle consiste à décrire la production de connaissance relative à l'agrégation d'unités spatiales. En effet, si, au lieu d'utiliser la classification comme une manière de caractériser ce que l'on observe à une échelle donnée, on l'utilise comme un outil pour sectoriser les résultats obtenus en fonction de leurs caractéristiques communes (à paraître Caloz and Collet), il devient possible de faire émerger des zones homogènes issues de l'analyse systématique des catégories élémentaires.

Cette technique de régionalisation dérive de l'analyse spatiale et permet de mettre en évidence des arrangements, ou zones, à partir de la distribution spatiale des phénomènes étudiés (Pointet 2007, à paraître Caloz and Collet). Cette démarche est à la base du découpage en régions morphologiques proposé par Conzen (Conzen 1969).

Les échelles émergentes découlant du "*Principle of hierarchical nesting of morphogenetic regions*" (Conzen 2004) sont, dans ce cas:

- Le *morphotope*, classe élémentaire résultant de l'analyse des caractéristiques de l'unité spatiale de base, les *plots*.
- L'unité-rue (*street-unit / precinctual unit*), à partir du clustering des morphotopes.
- Le tissu bâti (*building fabric*), à partir de l'interprétation des unités-rue.
- L'unité de plan (*plan units*), à partir de la recherche de régularités du tissu bâti.
- Les régions morphogénétiques (*morphogenetic regions*), à partir de l'agrégation des unités de plan en entités plus larges, historiquement et géographiquement connotées.

Les *patterns* résultant de l'agrégation des unités spatiales et les résultats de la caractérisation par la définition des indicateurs sont aussi des étapes du processus de production de la connaissance morphologique. L'exemple ci-dessous extrait des travaux de Conzen illustre ce processus.



Key to Fig. 8.1.

Urban Land Utilisation

- Shops, businesses & professional premises, with or without residences
- ▨ Premises w. public or community functions
- ▤ Public transport premises
- ▥ Industrial premises, incl. Builder's yards & warehouses
- ▧ Residential premises
- ▩ Open spaces

Building Types

- Medieval buildings & structures
- ▨ Elizabethan & Jacobean houses
- ▤ Georgian & Regency houses (1700–1840)
- ▥ Early & mid-Victorian houses (1840–1875)
- ▧ Late Victorian & Edwardian houses (1875–1918)
- ▩ Modern houses (post-1918)
- ▦ Georgian community buildings

- ▧ Post-Georgian community buildings
- ▨ Commercial buildings, gen. Post-Georgian
- ▥ Industrial & transport buildings

Plan Units

- (1) Pre-urban nucleus (medieval castle with modern modifications)
 - (2) Medieval suburbium & St. Michael's Church (street-market layout)
- Medieval Borough:—
- (3) Original borough with triangular market & later alterations
 - (4) Medieval borough extension
 - (5) Former medieval town wall with existing gates
 - (6) Late & post-medieval market colonization
- Post-medieval fringe belt & residential accretions:—
- (7) Traditional components
 - (8) Later component

Figure 7.6: Constitution des régions morphogénétiques (Conzen 2004).

L'exemple illustré à la figure 7.6 représente les découpages obtenus par emboîtement hiérarchique des unités spatiales désagrégées. Ils sont définis par les types de bâtiment, les unités de plan en fonction de leurs périodes de consolidation et l'utilisation du sol.

Bien que Conzen se base sur une approche purement descriptive, la démarche par agrégation, ou emboîtement hiérarchique, peut être systématisée grâce aux outils de l'analyse spatiale et de généralisation cartographique (Lüscher, Weibel et al. 2008). Cette systématisation nécessite la définition d'une métrique qui permette de mesurer la proximité entre les phénomènes observés. A partir donc de la proximité mesurée entre les unités spatiales, il devient possible de faire émerger des régions qui définissent le découpage "réel" d'un point de vue morphologique (interprétation). L'approche décrite correspond en fait à un processus de production de *clusters* basés sur des caractéristiques morphologiques et/ou constructives (Whitehand and Carr 2001). Nous proposons une schématisation de cette démarche en tant que processus de production de connaissance (cf. figure 7.7).

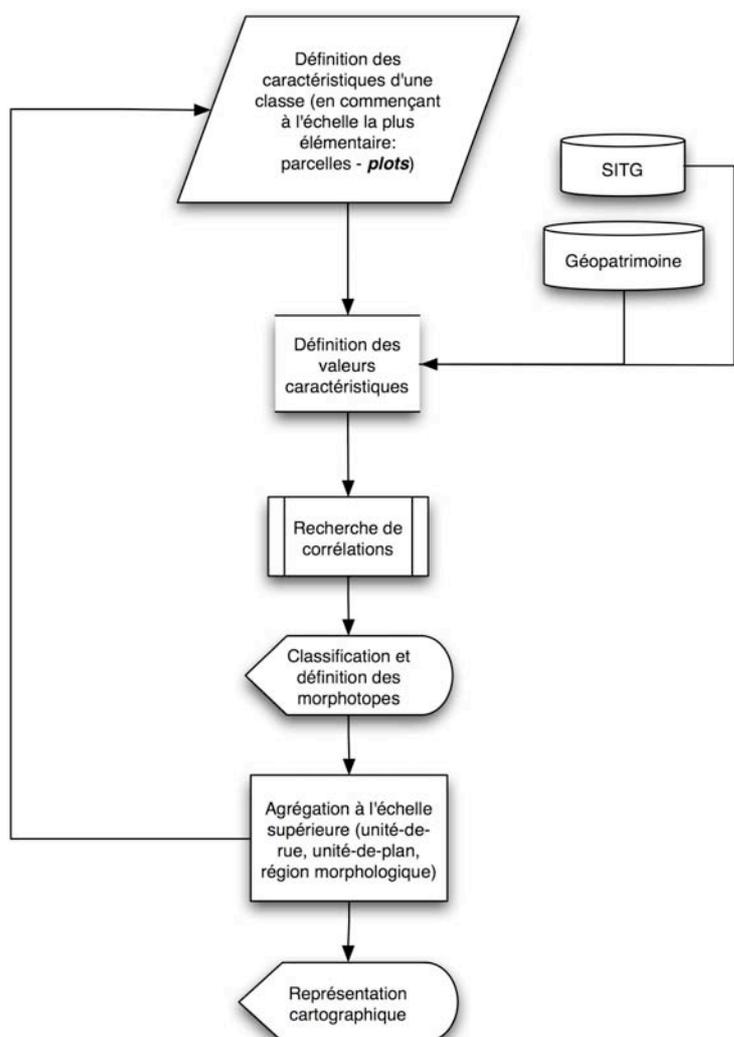


Figure 7.7: Organigramme de l'approche par échelles d'agrégation.

Les étapes du processus informationnel relatif à la démarche d'agrégation des unités spatiales peuvent être explicitées comme suit:

1. Déterminer les mesures caractéristiques à partir de l'échelle la plus élémentaire (parcelle). Définition des morphotopes.
2. Chercher les instances et les corrélations (auto-corrélation spatiale locale, clustering, etc.).
3. Déterminer les morphotopes y relatifs (classification).
4. Agrégation à l'échelle supérieure (unité de rue, unité de plan, région morphologique).
5. Itération à partir de 1. jusqu'à la définition de toutes les "régions morphologiques".

A l'inverse de l'échelle d'observation discutée ci-dessus, l'échelle est laissée "libre". Cependant, afin de pouvoir identifier les arrangements spatiaux auxquels on attribue une étiquette morphologique, il est impératif de maintenir une forte homogénéité dans la définition des concepts qui sous-tendent la mesure de la distance et, a fortiori, nécessaire d'effectuer un découpage a priori des périodes historiques. En effet, Conzen, dans son étude systématique de la morphologie anglaise, commence par déterminer les "périodes" qui caractérisent les formes observables sur le territoire avant d'entamer son exploration des formes urbaines.

Dans le cas de Alnwick présenté à la figure 7.6, Conzen se base sur un découpage des périodes historiques ayant des connotations architecturales et culturelles spécifiques (Conzen 1969, p.8). Ainsi, on observe que les périodes morphologiques n'ont pas de durées homogènes⁴⁷, mais que les intervalles sont définis en fonction des connaissances propres à chacun d'entre eux (cf. chapitre 9).

7.2.4 Exemple 3: les échelles temporelles et l'histoire quantitative

Nous discutons la manière d'aborder la question des échelles temporelles en nous basant sur un exemple paradigmatique de l'histoire quantitative. En effet, bien qu'il n'ait pas de rapport direct avec la morphologie urbaine, il montre de façon très explicite le processus que nous cherchons à élucider. En partant de l'hypothèse que la série chronologique est suffisamment riche, nous appliquons les outils d'analyse statistique permettant de la caractériser. Selon cette approche, nous pouvons identifier les *modes*, ou valeurs caractéristiques de la classification, qui définissent la *signature* d'un phénomène. Ces modes, ainsi que les autres caractéristiques géométriques de la série chronologique, à savoir: la pente, les inflexions, les cycles, etc. émergeant du traitement des données numériques, peuvent être utilisés pour décrire un phénomène.

⁴⁷

Conzen définit un seul intervalle embrassant la période qu'il appelle "*Norman to Early Georgian*", soit de 1070 à 1750 environ, tandis que pour la tranche historique allant de 1750 à 1914, il propose deux périodes "*Later Georgian and Early Victorian*" (de 1750 à 1851) et "*Mid- and Late Victorian*" (de 1851 à 1914) avec pas moins de 3 sous-catégories pour cette dernière (*Mid-Victorian*, *Late Victorian* et *Edwardian*, etc.)! Les noms utilisés étant ceux communément utilisés en Grande Bretagne pour identifier des périodes historiques et des styles architecturaux bien définis et basés sur l'appellation des souverains successifs.

De ce point de vue, la question consiste à transformer les données en connaissance puis de trouver un moyen de représenter de façon significative cette dernière. En d'autres termes, il s'agit de trouver le moyen de discrétiser l'information temporelle afin qu'elle soit conforme à notre modèle de connaissance.

Un exemple classique de cette approche appliquée à l'histoire est celui de Fernand Braudel montrant les mouvements de longue durée des prix et de la production (cycles *Kondratieff* et le *trend séculaire*, cf. figure 7.8).

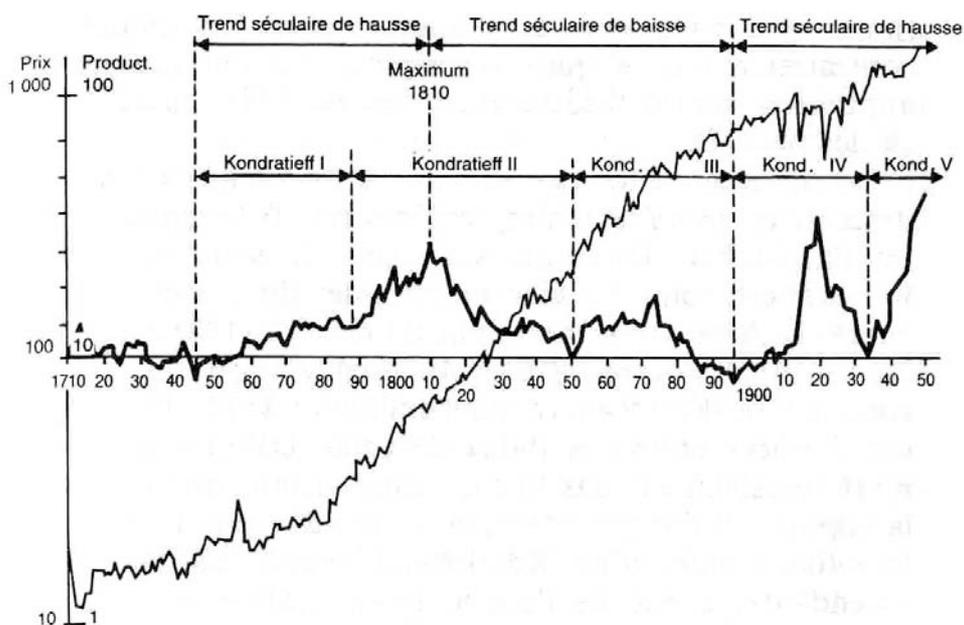


Figure 7.8: Cycles *Kondratieff* et le *trend séculaire* (Braudel 1979).

Dans cet exemple, l'indexation des données permet de montrer des cycles englobant des pics de production. Les noms de ces cycles sont ensuite repris pour donner une explication du phénomène. En nous basant sur cet exemple, nous détaillons le modèle du processus de production de connaissance permettant de transformer une série chronologique en un *ensemble synchronique signifiant*, c'est-à-dire une synthèse stable du point de vue conceptuel permettant de traiter l'information relative à l'évolution temporelle des objets et des relations et d'en donner une représentation cartographique cohérente (cf. figure 7.9)

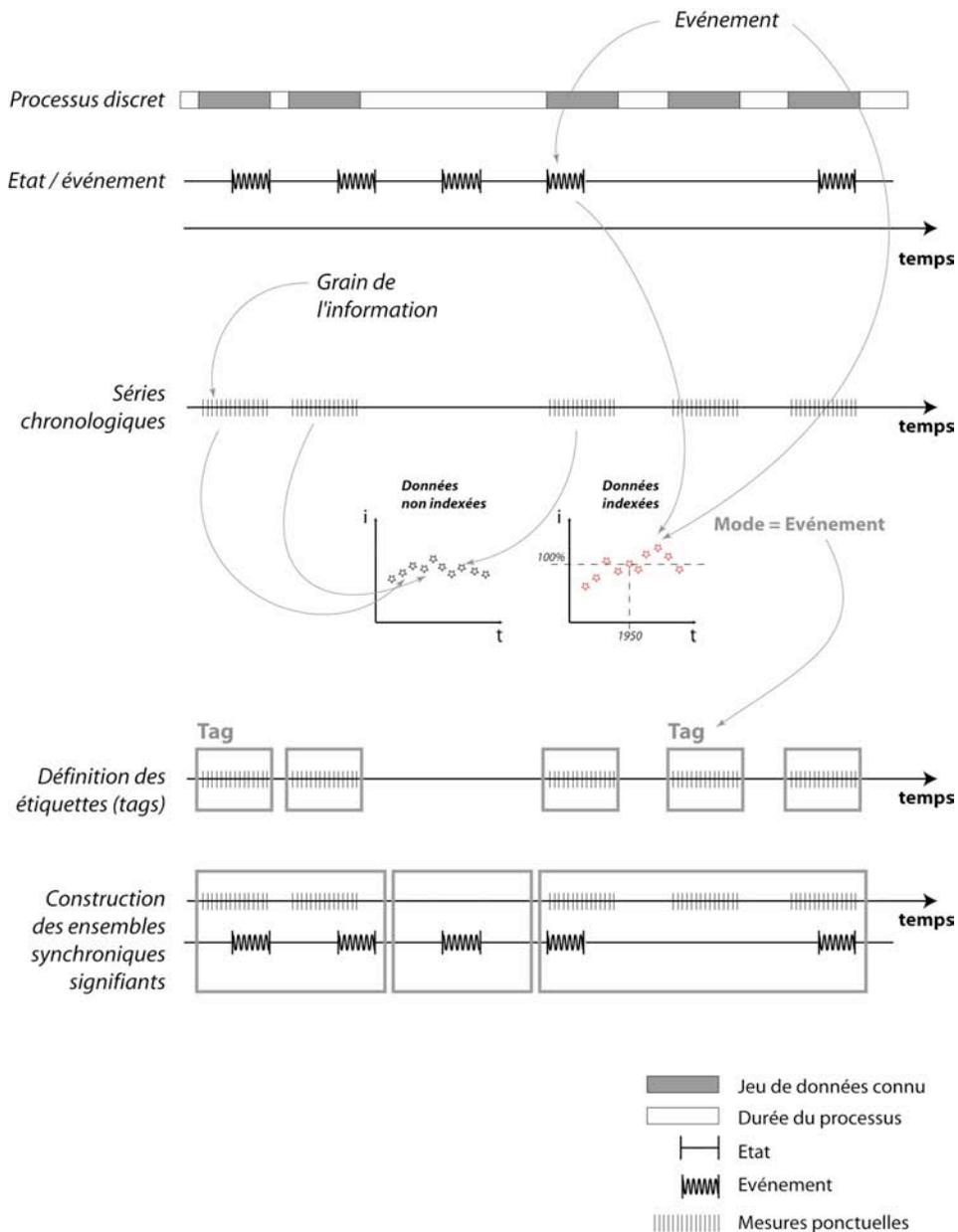


Figure 7.9: Processus de production de connaissance à partir d'une série de données chronologique.

Ainsi, en partant d'une série chronologique de données, il est possible de chercher des régularités à travers le temps. Cette méthode consiste à indexer l'information et à chercher les *modes* de la série (maxima et minima locaux, valeurs statistiquement les plus représentatives, etc.). En attribuant à ces valeurs extrêmes une signification particulière (processus d'interprétation), il devient possible de transformer l'analyse numérique de l'information en une lecture historique. On définit des étiquettes correspondant aux classes de distribution, aux cycles, etc. qui permettent de transformer l'information d'une échelle cardinale en une échelle nominale. En d'autres termes, il s'agit de donner une valeur d'attribut thématique à un ensemble de données purement géométrique et/ou temporel. En transformant ainsi les données, il devient possible de définir des ontologies locales, grâce au découpage du processus en périodes homogènes, les *ensembles synchroniques signifiants*. Ce modèle s'appuie par ailleurs sur la décomposition du processus en états et événements qui sera discuté au chapitre suivant.

7.3 Généralisation du principe de caractérisation/exploration: définition de la signature géo-historique

Suivant cette conceptualisation de la problématique de l'échelle, il est possible d'imaginer différents espaces de représentation ainsi que des méthodes de caractérisation répondant de la meilleure manière possible aux questionnements liés aux processus morphologiques qui nous occupent. Comme nous l'avons expliqué plus haut, caractériser un concept consiste à chercher les instances (valeurs représentatives) permettant d'inférer son existence et sa spécificité. Cette mise en relation se fait sur un espace de représentation⁴⁸, où la combinaison d'instances permet de définir la *signature géo-historique* du concept⁴⁹ (cf. Figure 7.10).

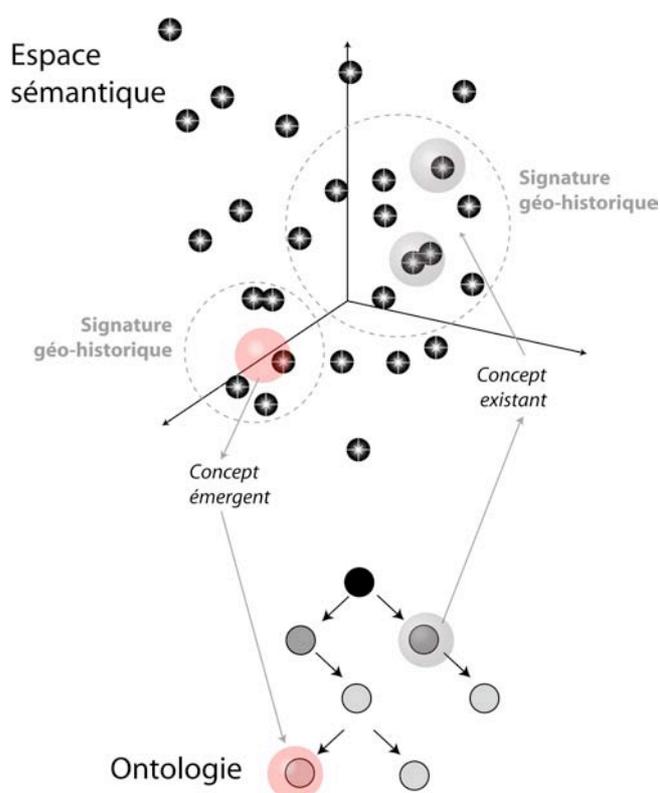


Figure 7.10: Espace sémantique et signature géo-historique.

La difficulté majeure de la généralisation de cette méthode consiste en la construction des espaces homologues entre une démarche descriptive et une démarche explicative. En d'autres termes, nous devons expliciter les propriétés d'un concept à partir de sa structure formelle et trouver les instances de la base de données grâce à une combinaison pertinente d'indicateurs qui corresponde à une projection des concepts dans un espace sémantique par le biais de ses instances.

⁴⁸ Puisqu'il s'agit de projeter le contenu d'un concept, nous appelons cet espace, l'espace sémantique.

⁴⁹ A l'image de la *signature spectrale*, qui permet de caractériser les phénomènes physiques ondulatoires par une analyse de leur luminance Caloz, R. and C. Collet (2001). *Traitements numériques d'images de télédétection*, Presses de l'Université de Québec, Agence universitaire de la Francophonie., nous avons défini la *signature géo-historique* d'un phénomène urbain, c'est-à-dire l'ensemble des signes saisissables dans le champ empirique, d'une part, et la *signature sémantique* d'un concept dans l'espace sémantique, d'autre part Fabrikant, S. I. and B. P. Buttenfield (2001). "Formalizing Semantic Spaces for Information Access." *Annals of the Association of American Geographers* 91(2): 263-280..

En nous basant sur cette traduction, la caractérisation proposée consiste à montrer:

1° que les concepts en question s'inscrivent bel et bien dans une période historique donnée (réduction de la relativité historique et sémantique);

2° que cette période est bien représentée par une ou plusieurs couches d'information dans la base de données (échelles multiples);

3° que le traitement des données permet de mettre en évidence un *pattern* interprétable (indicateurs, classification ou *clustering* des résultats).

Comme nous l'avons montré au chapitre 6, le parti pris pour la formalisation des processus morphologiques consiste à accepter la double réduction en instances et concepts, et que les relations entre eux permettent de représenter les effets d'une série d'actions. Ces relations permettent de définir un stade de l'évolution des formes urbaines suffisamment statique pour être "caractérisable", c'est-à-dire mesurable et interprétable (cf. chapitre 8).

Ainsi, malgré la synchronicité propre à la représentation d'un état donné (plan Billon 1726, carte Dufour 1890, etc.), les sources nous renseignent aussi sur le mode de production et de représentation de la connaissance du territoire à un instant donné de l'histoire, tandis que la comparaison entre deux modes de production nous renseigne, bien que généralement de façon indiciaire, sur l'évolution des conceptualisations qui induisent d'autres types de changements à prendre en considération. De cette manière, l'intégration du contexte de production dans le modèle de connaissance rend possible la représentation homogène des états successifs, créant une opportunité de caractériser, non seulement ce que l'on comprend par forme urbaine, mais aussi d'esquisser le processus cognitif d'interprétation de ces formes et de leur évolution. Au chapitre suivant, nous baserons la conceptualisation du processus morphologique sur cette construction.

7.4 Retour sur le cycle de développement parcellaire: distinction entre caractérisation et exploration

En reprenant notre exemple, le cycle de développement parcellaire, nous pouvons illustrer la question de la signature géo-historique. En effet, qu'il s'agisse du cas spatial ou temporel, le processus de production de connaissance peut être défini de façon générique. Ainsi, partant de la figure 2.1 sur le parallèle méthodologique entre la morphologie urbaine et la science de l'information géographique, nous pouvons désormais expliciter le processus informationnel et faire la distinction entre la caractérisation et l'exploration, à savoir entre les approches bottom-up et top down.

7.4.1 Approche top-down: caractérisation

L'approche top-down consiste à donner une traduction des réseaux conceptuels nécessaires à la formalisation de la notion de processus morphologique et à les caractériser sur la base d'un ensemble d'analyses empiriques. Cette approche est illustrée à la figure 7.11.

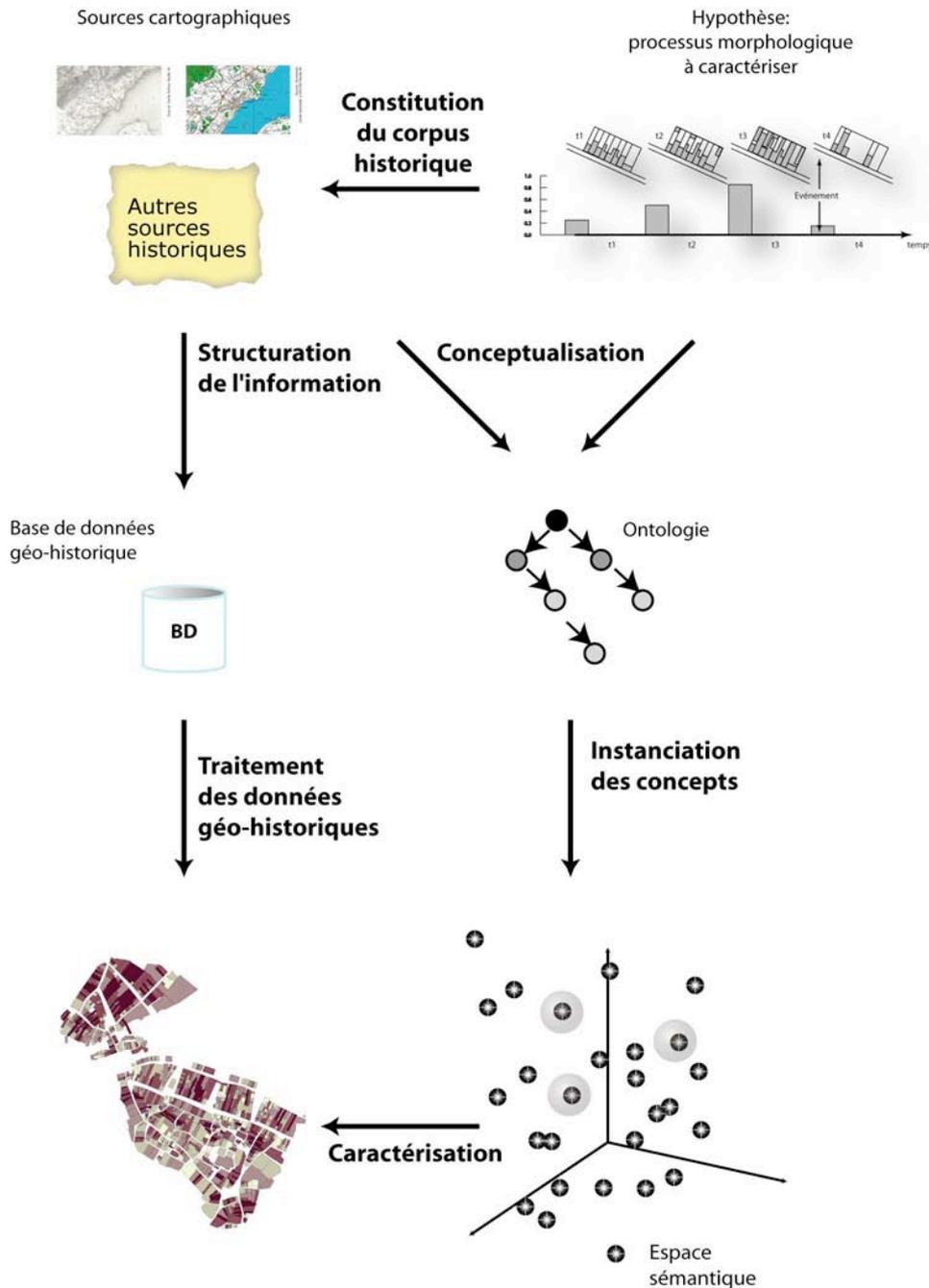


Figure 7.11: Approche top-down.

Les principales étapes de l'approche top-down représentée ci-dessus sont les suivantes:

1. Les concepts que l'on cherche à instancier sont structurés et formalisés en fonction de la connaissance préalable que l'on a d'eux (littérature, analyse de terrain, etc.). Cette conceptualisation *a priori* des processus morphologiques constitue le jeu d'hypothèses que l'on cherche à caractériser.
2. La construction du corpus historique est déterminée par les processus en question. Ainsi, à partir des sources hétérogènes, il est possible d'extraire et de structurer l'information qui constitue la base de données géo-historique *ad hoc*.
3. Choix du type de traitement de l'information pour pouvoir discriminer les cas potentiellement présents dans les jeux de données obtenus à l'étape 2.
4. Les résultats de l'analyse sont interprétés en fonction de leur représentativité par rapport au concept en question (recherche de régularités, modes, cycles, etc.).
5. Si les résultats confirment les hypothèses, nous pouvons considérer que le concept a été caractérisé conformément à l'approche hypothético-déductive.

Dans le cas du cycle de développement parcellaire, l'approche top-down se décline comme suit:

1. Structuration des données concernant l'occupation du sol sur une période longue.
2. Production de l'hypothèse de recherche: l'occupation du sol suit un cycle complet allant de l'occupation pionnière au maximum de densité, puis à la restructuration du parcellaire (*slum clearance*).
3. Mise en évidence des étapes du cycle par l'analyse des données.
4. Interprétation des résultats: confirmation ou infirmation de l'hypothèse.

7.4.2 Approche bottom-up: exploration (émergence et catégorisation)

L'approche bottom-up consiste, de son côté, à proposer une interprétation plausible des résultats obtenus grâce à l'exploration systématique des données disponibles. Elle est illustrée à la figure 7.12.

Sources cartographiques



Autres sources historiques

Structuration de l'information

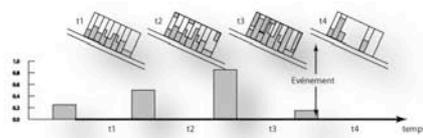


Base de données géo-historique

Exploration des données géo-historiques



Interprétation des résultats



Emergence et catégorisation

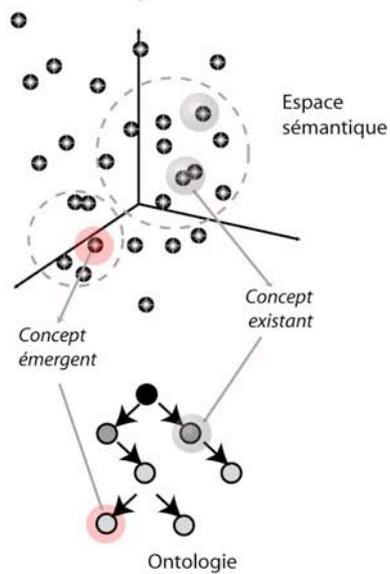


Figure 7.12: Approche bottom-up.

Les principales étapes de l'approche bottom-up sont les suivantes:

1. Extraction et structuration des connaissances à partir des données d'archives.
2. Exploration systématique de la base de données basée soit sur les résultats de l'analyse spatiale, soit sur l'analyse visuelle des cartes résultantes.
4. Interprétation des résultats significatifs ou potentiellement signifiants (*traces*).
5. Comparaison de la classification résultante avec la typologie classique des processus morphologiques: processus additifs, transformatifs, adaptatifs et/ou réplétifs (Larkham and Jones 1991).
6. Catégorisation des processus émergents.

Dans le cas du cycle de développement parcellaire, l'approche bottom-up se décline comme suit:

1. Extraction et structuration des données concernant l'occupation du sol.
2. Application des outils d'analyse exploratoire (analyse visuelle des régularités, autocorrélation spatiale locale, *clustering*, etc.).
3. Interprétation des résultats et production d'hypothèses explicatives.

Nous constatons que les deux méthodes expliquées ci-dessus se distinguent par l'usage qu'elles font de l'outil SIG. Dans le premier cas, il s'agit d'analyser une situation pour confirmer ou infirmer une hypothèse, tandis que dans le second, l'outil permet de produire des hypothèses qui sont interprétées en fonction du contexte. La première posture dite "analytique" consiste à produire de la connaissance à partir d'une meilleure connaissance d'un phénomène observé, tandis que la deuxième dite "exploratoire" considère que l'information recèle une connaissance qu'il faut faire émerger. Dans tous les cas, cette double démarche constitue la clé de la caractérisation d'un phénomène urbain telle que mise en évidence au chapitre 2.

7.5 Synthèse et conclusions du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons continué à expliciter la problématique du processus informationnel et cognitif qui sous-tend notre modélisation du processus morphologique. Pour cela, nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux échelles (spatiales et temporelles) comme médiateurs de la traduction d'une donnée en concept et vice versa, et avons montré le processus de production de connaissance y associé.

De plus, nous avons pu identifier les composantes nécessaires à la généralisation de ce processus informationnel en introduisant la notion de signature géo-historique. Ce néologisme, construit par analogie avec la signature spectrale, nous a permis de montrer la nature des relations entre les données et les concepts.

Enfin, nous avons introduit deux approches, top-down et bottom-up, qui permettent de montrer les différences entre la caractérisation et l'exploration de l'information d'un point de vue méthodologique. Sur cette base, nous pouvons expliciter les enjeux de la construction cognitive que nous développerons dans les chapitres suivants.

7.6 Enjeux de la construction du modèle de connaissances pour la caractérisation et l'exploration des données géo-historiques

Dans les chapitres qui suivent, nous allons structurer le travail de stabilisation de la notion de processus morphologique en cinq étapes principales: la conceptualisation, la formalisation, la caractérisation, l'exploration et la catégorisation des processus morphologiques. Chacune de ces étapes répond aux interrogations identifiées et explicitées dans la problématique et nécessite le déploiement d'une méthodologie idoine, dont nous résumons ici les principaux enjeux.

Conceptualisation et formalisation (chapitres 8 et 9)

Les concepts morphologiques que nous allons formaliser sont extraits des travaux connus des écoles anglaise et italienne de la morphologie urbaine, et servent de base à la constitution d'une méthode de caractérisation et d'exploration des processus morphologiques basée sur la mise en relation des catégories physiques et conceptuelles. Dans ce sens:

- La conceptualisation consiste à appréhender le processus morphologique comme une construction interprétative.
- La formalisation consiste à proposer une structure hiérarchique correspondant à la construction d'une ontologie.

La logique de mise en relation des concepts (relations entre concepts ou entre concepts et instances) est définie en utilisant la théorie des types logiques (Russell 1908), partant de l'énonciation des postulats élémentaires vers des propositions d'ordre supérieur, selon une structuration compositionnelle à complexité croissante. La typologie des relations résultante tient bien évidemment toujours compte des trois natures habituellement rencontrées dans les sciences de l'information, à savoir, les relations géométriques, topologiques et sémantiques.

D'un autre côté, les arrangements conceptuels (ou ontologies locales⁵⁰) se référant à un niveau d'abstraction donné, sont mis en relation pour montrer comment les différents schémas d'abstraction s'articulent entre eux pour circonscrire la problématique en respectant sa complexité.

Caractérisation, exploration et catégorisation (chapitres 10 et 11)

La caractérisation consiste à chercher la combinaison la plus pertinente d'indicateurs permettant de discriminer des concepts proches à partir de leur structure formelle et/ou de leurs instances. Elle peut s'effectuer, soit en construisant un arbre de décision avec un score cumulé permettant l'identification de façon univoque des différentes formes (approche par agrégation d'indicateurs), soit en construisant un tableau typologique avec un nombre de catégories suffisant pour rendre unique l'identification de chaque forme ou processus ainsi représenté.

D'un autre côté, lorsque les sources ne permettent qu'une caractérisation partielle, il est encore possible d'extraire une connaissance nouvelle grâce à

⁵⁰ Situées dans le temps et dans l'espace.

l'exploration systématique des jeux de données partiels. Cette exploration s'appuie sur l'analyse des données empiriques qui permettent de révéler des processus émergents ou du moins leurs traces, validant ainsi l'outil méthodologique proposé. En effet, la validation de la pertinence du modèle consiste en une illustration des ouvertures méthodologiques offertes par l'exploration systématique de la base de données et non en une caractérisation spécifique d'un cas particulier.

Enfin, la manière dont les concepts et les instances mis en relation produisent de nouveaux concepts nous conduit, dans une dernière étape, à l'introduction de catégories *ad hoc* pour l'appréhension de cette émergence. Cette étape d'interprétation consiste à analyser non seulement les résultats, mais aussi les structures d'un point de vue géo-historique. Elle constitue de ce fait une première tentative de catégorisation des processus morphologiques, basés sur l'observation conjointe des évolutions conceptuelles et factuelles.

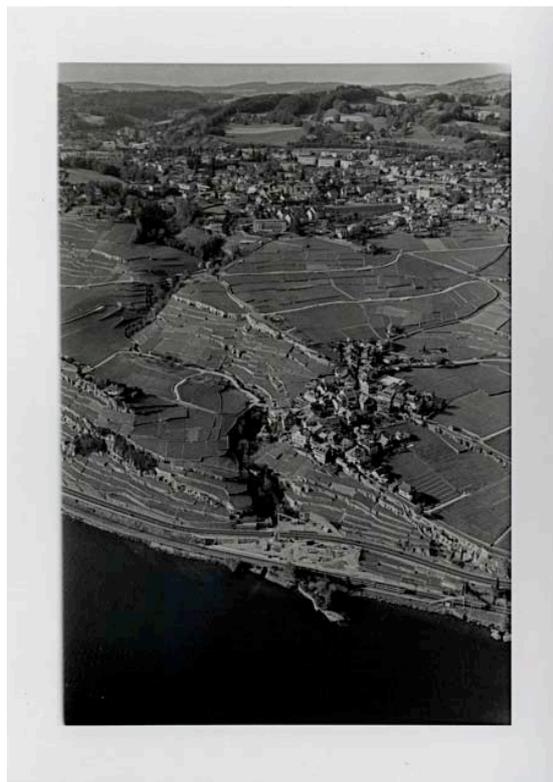
IV. Formalisation du modèle de connaissance

“Toute réflexion méthodique sur la manière correcte d’aborder un objet implique une ontologie locale, même si l’on n’emploie plus le terme.”

Rüdiger Safranski, *Heidegger et son temps*,
1996, p. 217

“Entrer dans l’univers où l’espace virtuel joue un rôle de premier plan paraît [...] nécessiter un passage par le langage qui y est utilisé, qui décrit et définit cet espace, le balisant en quelque sorte.”

Anne Cauquelin, *Le site et le paysage*,
2002 p.13



8. Conceptualisation

8.1 Introduction

La démarche choisie pour la suite du travail consiste à appliquer des formalismes différents en fonction de la nature des informations en jeu et à faire cohabiter les différents niveaux d'abstraction mis en évidence. Cette conceptualisation permettra de produire, nous l'espérons, des connexions nouvelles dans l'exploration du territoire, aussi bien dans son étendue géographique que dans sa profondeur historique.

La première étape consiste à concevoir un modèle interprétatif permettant d'extraire les données et les concepts pour une « lecture » analytique des cartes, tout en tenant compte du contexte de production de cette information. Cette "normalisation" du contexte étant par ailleurs directement dépendante de la contingence historique, elle conditionne la perception des phénomènes au moment de la production des connaissances et donc le choix du mode de représentation des données y relatives (Bertrand 2005).

La définition des intervalles de validité de ces modes de production / représentation se fait par l'explicitation du concept d'historicité. Ce concept comporte deux facettes distinctes : 1) la temporalité des données, leur « robustesse » et leur "complétude" et 2) l'historicité des concepts proprement dite, c'est-à-dire leur capacité à évoluer et/ou à coexister avec des contenus différents, et la prise en compte des modes d'évolution des phénomènes ou processus morphologiques.

Ce chapitre est structuré de la manière suivante:

- Application à la morphologie urbaine du modèle interprétatif présenté au chapitre 5.
- Conceptualisation de la notion de processus: discussion de la structure formelle des changements.
- Définition des catégories évolutives.

8.2 Application du modèle interprétatif à la morphologie urbaine

8.2.1 Trois niveaux de médiation

En appliquant à notre problématique le modèle d'interprétation présenté au §5.2, il apparaît que la connaissance des phénomènes de transformation urbaine a besoin, pour être saisissable par un observateur, d'une représentation et d'un médiateur qui résumant ses traits pertinents. Or, ce médiateur entre le phénomène urbain et sa représentation, la forme urbaine, s'appelle dans notre cas le processus morphologique. En effet, l'élucidation du mécanisme complexe de transformation est ce qui rend compréhensible le phénomène en question, la forme urbaine devenant la synthèse d'un processus historique qui jaillit de l'interprétation d'une configuration spatiale. Le processus d'interprétation se fait donc en trois temps:

- De la réalité (Histoire) vers le modèle (processus historique, c'est-à-dire l'acte d'étudier l'histoire comme processus), où le médiateur est la source d'archives.
- Du phénomène de transformation urbaine vers la forme urbaine, où le médiateur est le processus morphologique.
- De la forme urbaine vers la configuration spatiale, où le médiateur est le contexte historique.

8.2.2 Les sources d'archives comme médiateurs, justification du paradigme indiciaire

L'intermédiaire entre une situation passée et un observateur décalé dans le temps (l'historien) ne peut se faire que par l'existence d'une forme de compte rendu des événements qui constituent ladite situation. Cet intermédiaire s'appelle de façon générale une source d'archives. Comme nous l'avons explicité au §4.2, les sources d'archives dont dispose l'historien sont de natures diverses (textuelles, tabulaires, cartographiques, etc.).

En tant que telles, les sources peuvent donc être comprises comme les "produits" ou les "résidus" d'un processus réel, une sorte de signal capté à un moment donné du déroulement du processus, et sont, de ce fait, les indices matériels de l'existence du phénomène qui les produit.

A l'inverse, l'interprétation de ces signes, produits par l'histoire comprise comme un processus social, s'assimile à un processus de reconstruction des connaissances à partir des traces matérielles et sémantiques et constitue en soi la justification du paradigme indiciaire (§4.3). En effet, les sources sont porteuses d'une signification qu'il est possible d'explicitier et permettent de reconstituer une réalité passée.

Le rôle des sources ne se résume pas à une pure accumulation de données sur une certaine durée, leur structuration même est essentielle, car elle détermine la représentation que l'on se fait du processus réel que nous cherchons à élucider. De ce fait, à partir d'un jeu de données issu des sources historiques, il est possible de produire plusieurs configurations différentes et donc plusieurs significations. En effet, les potentialités de la recherche historique dépendent aussi bien de la donnée brute que de la manière dont sont agencés ces signes. Il en va de sa légitimité, acquise par la validation du couple corpus/données ou structure/contenu.

Cette relativité structurelle nous a conduit à proposer une méthode de conceptualisation permettant l'exploration des configurations possibles, mais nécessitant néanmoins que la méthode de production des hypothèses soit conforme à la représentation que l'on donne de la connaissance historique. Par ailleurs, il faut distinguer entre les configurations "lourdes" (conceptualisations radicalement différentes du même objet ou univers du discours) et les configurations "légères" (différents points de vue sur une même conceptualisation).

8.2.3 Le processus morphologique comme médiateur

Suivant le modèle d'interprétation adopté, nous pouvons considérer la notion de processus morphologique comme un intermédiaire conceptuel permettant de mettre en relation un phénomène réel de transformation de la ville avec les résultats visibles de celui-ci, historiquement connotés, la forme urbaine. Ainsi, en tant que description simplifiée et systématique des mécanismes de production (additif, réplétif)⁵¹, de transformation et d'adaptation de cette forme urbaine, le concept de processus morphologique rend compte des modifications matérielles et cognitives induites par le processus social ou naturel qui provoque une modification d'un état donné du territoire urbain. Nous verrons au §8.3 comment nous appréhendons les différents types de changement qu'englobe cette notion.

8.2.4 Le contexte historique: interprétant entre la forme urbaine et la configuration spatiale

La médiation entre la forme urbaine et la configuration spatiale est réalisée par le biais du contexte historique. La nature de la relation entre une configuration spatiale résultant de l'arrangement des entités élémentaires et la reconnaissance d'une forme urbaine rend nécessaire l'explicitation des conditions d'intelligibilité de la chose représentée. Ainsi, du point de vue de notre problématique, l'objet que nous cherchons à expliciter, une configuration urbaine, doit être modélisé puis analysé selon des critères imposés par le contexte d'interprétation. Ces critères sont de deux natures différentes : l'échelle et l'arrangement conceptuel.

Comme nous l'avons déjà expliqué par ailleurs (§7.2), la question de l'échelle est un des points d'ancrage les plus importants de notre démarche. En effet, c'est par le biais de l'échelle que nous pouvons créer un pont entre la science de l'information géographique et l'approche morphologique. En d'autres termes, nous dirons qu'il faut être capable de faire cohabiter dans le même univers du discours la question de l'étendue et celle de la profondeur, chacune ayant sa logique propre. Les échelles géographiques et les échelles temporelles ne s'excluent pas l'une l'autre, mais ne peuvent néanmoins être réduites à un formalisme unique.

De même, l'arrangement conceptuel contribue à la grande relativité des résultats, puisqu'il définit les limites de ce qui peut être interprété à partir d'une

⁵¹ Cf. (Larkham and Jones 1991)

mesure ou, plus généralement, d'une entité identifiée comme porteuse de l'information recherchée. Par exemple, en fonction du contexte d'interprétation, l'idée de maison peut signifier une construction matérielle ayant une fonction bien déterminée ou alors être l'archétype d'une forme plus générale d'occupation du territoire déterminée historiquement.

Sans qu'il y ait à proprement parler polysémie, la même représentation est porteuse de deux ensembles d'information qui ne s'inscrivent pas de manière uniforme dans la description de la réalité qui nous occupe. Ainsi, c'est par le rattachement du concept que nous cherchons à caractériser à d'autres concepts qu'il devient possible de circonscrire le contexte d'interprétation et, par conséquent, de définir les règles d'inférence et les limites de validité de la représentation choisie.

8.3 Ce qui change

Après avoir abordé la question du contexte historique, qui permet d'appréhender le processus morphologique comme une construction interprétative, nous nous intéressons ici à la notion d'évolution observée.

8.3.1 Structure formelle du processus morphologique

Classification des processus

La définition du processus morphologique que nous cherchons à formaliser est sous-tendue par l'idée d'une « mise en mouvement » séquentielle des composantes idéelles et matérielles de la ville. Le choix de cette conceptualisation renvoie à la question de l'articulation et de l'agencement de ces transformations selon leurs caractères chronologique, causal, etc.

Cette structure formelle de l'évolution des concepts et des instances correspond à la définition du processus proposée par John Sowa (figure 8.1), à savoir une séquence d'états et d'événements.

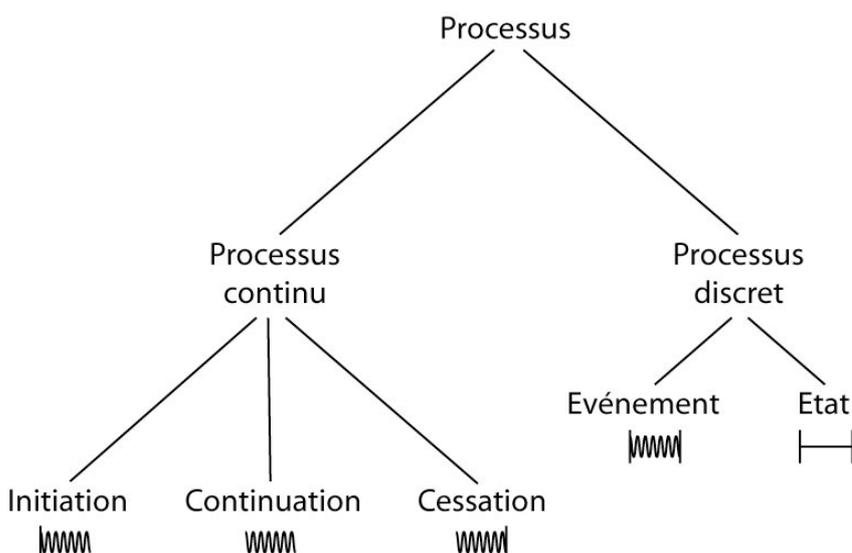


Figure 8.1: Classification des processus (d'après Sowa 2000).

Dans sa classification des processus, Sowa propose deux sortes de processus: les processus continus⁵² et les processus discrets⁵³.

⁵²

Dont l'incrémentation de la variable est continue et permet donc une description des processus par des équations différentielles.

Bien que l'évolution urbaine sur la longue durée puisse être assimilée, parfois⁵⁴, à un processus continu, il est bien plus conforme à notre problématique de travailler à partir des séquences temporelles discrètes. En effet, le contenu de l'information géographique urbaine qui nous intéresse (parcelles, bâtiments, réseaux, etc.) est assimilable à un ensemble d'entités discrètes⁵⁵. L'évolution de ces entités correspond donc, elle aussi, à cette deuxième classification (Golay 1992).

Composantes du processus discret

Par définition, les processus discrets sont ceux dont les changements ont lieu par pas de temps discrets. Les séquences temporelles se décomposent en périodes d'inactivité appelées **états**, intercalées d'intervalles d'activité appelés **événements** (Sowa 2000).

Suivant cette logique, les processus morphologiques peuvent être décrits comme une séquence d'états et d'événements que nous allons utiliser pour résoudre la question de savoir si la connaissance historique est quantifiable ou non (cf. §4.3). Nous assumons d'emblée que les états correspondent à des périodes de stabilité conceptuelle mesurables (cf. §8.3.2, ci-dessous), tandis que les événements correspondent à des périodes où le changement a lieu (cf. §8.3.4 ci-dessous).

La partition en états et événements permet ainsi:

- d'appréhender le temps comme une succession d'événements, afin de déterminer des séquences exprimées sur l'échelle ordinale (Thériault and Claramunt 1999). Ce faisant, la question n'est plus seulement de situer exactement un événement sur la ligne du temps, mais de déduire une chaîne causale potentielle ayant produit un effet observable.
- d'éliminer la question de l'incertitude dans l'attribution des dates charnières entre différentes époques (Thériault and Claramunt 1999), dont les transformations se font progressivement et qui présentent simultanément des caractéristiques de plusieurs processus temporellement concomitants (cf. §6.4).

⁵³

Correspondant au traitement informatique de l'information temporelle.

⁵⁴

Notamment lorsque les variables du territoire sont définies de façon matricielle (*remote sensing*, etc.).

⁵⁵

Technologies vecteur ou vecteur topologique.

- de prendre en considération “un ensemble de trajectoires potentielles et parallèles, avec des bifurcations activées par l’interdépendance entre les composantes d’un système et les effets irréversibles d’événements plus ou moins fortuits” (Thériault and Claramunt 1999). Cet aspect de la temporalité lié à la complexité du système urbain est, par ailleurs, un facteur essentiel pour l’interprétation des observations effectuées à des intervalles séparés par des laps de temps plus ou moins importants (Vrana 2000).

8.3.2 L’état: la chose mesurée et la stabilité conceptuelle

Comme nous l’avons énoncé ci-dessus, le processus représenté par une structure temporelle de type séquentiel nous permet de nous intéresser à chacune de ses composantes en tant que synthèse de la connaissance historique, l’une comme “le résultat visible” du changement et l’autre comme “le lieu”⁵⁶ dudit changement.

Le résultat visible est la synthèse d’une multitude de transformations en parallèle, captées à un moment donné du déroulement du processus (cf. figure 8.2).

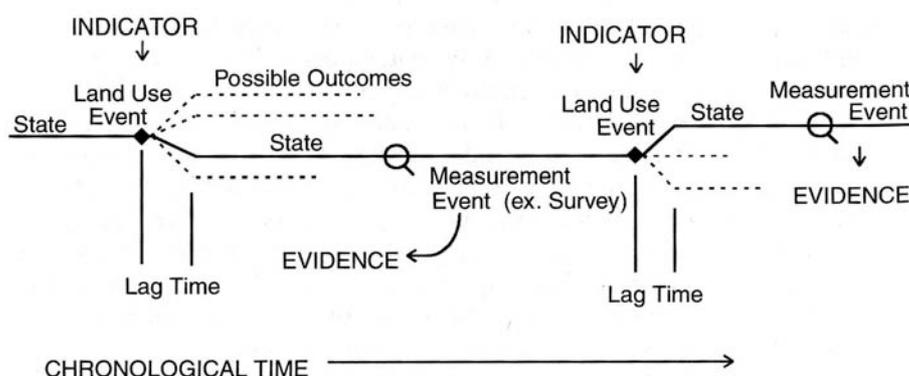


Figure 8.2: Mesures et trajectoires potentielles (Vrana 2000).

Cette captation implique qu’en plus de la mesure elle-même, le contexte de production de cette mesure doit également être décrit. En effet, “la mesure dépend du dénombrement et de la permanence” (Whitehead 1995), d’où l’importance d’acquérir des renseignements aussi sur le contexte, qui permettent de déterminer la validité relative de la mesure “historique”. En effet, une certaine stabilité conceptuelle (permanence) est nécessaire pour rendre effective la mesure d’une configuration urbaine. La chose mesurée (l’état) ne l’est que dans les limites de la fiabilité de l’appareillage de mesure (incertitude technologique) et de la validité du contexte d’interprétation (relativité historique).

⁵⁶

Entendu comme la “chôra”, c’est-à-dire le lieu où le concept est en rapport avec son instanciation (Lévy et al. 2003, p.555)

Ainsi, par exemple, si nous voulons comparer deux superficies, il faut que le concept sous-tendant les deux mesures de superficie soit identique. En mathématiques, il est d'usage de définir les fonctions et de délimiter leur intervalle de validité. Or, lorsque les définitions ne répondent pas à une logique axiomatique, mais sont de nature sociale, c'est-à-dire consensuelle ou conjoncturelle, nous avons affaire à une variabilité sémantique et à une variabilité dans le temps et/ou dans l'espace. Par exemple, la notion de parcelle rattachée au cadastre répond à des régimes fonciers qui ne sont pas toujours comparables d'une époque à une autre et d'un pays à un autre⁵⁷. Il est dès lors nécessaire de déterminer si les concepts permettant la structuration des données sont suffisamment proches pour que l'on puisse effectuer une comparaison des mesures y relatives.

En effet, une erreur reconnue en histoire est de supposer l'existence d'un concept avant son apparition, ou de maintenir une idée au-delà des limites de son champ de validité. Cette déviance est appelée un *anachronisme*. De même, nous introduisons ici un néologisme, l'*anatopisme*, pour désigner l'usage d'un concept en dehors de son champ géographique de validité. En linguistique, cet usage hors de tout champ de validité sémantique s'appelle, d'une manière générale, une *catachrèse*.

Bien qu'il s'agisse d'un emploi erroné, il est néanmoins commode de pouvoir exploiter un concept dont le champ n'est pas valide pour pallier le manque d'informations explicites et pouvoir déduire des connaissances émergentes au-delà du champ strict de l'usage premier⁵⁸. Nous reprendrons au chapitre 11 cette idée de catachrèse pour catégoriser les méta-processus.

8.3.3 L'événement: ce qui survient

Si la stabilité conceptuelle des états permet de donner une justification à la notion conzenienne de *période morphologique* (Whitehand and Whitehand 1984; Larkham and Jones 1991; Whitehand and Carr 1999), dans laquelle il est possible de mesurer la diversité de cas co-présents et d'effectuer un découpage des *unités de plan* répondant à des critères bien définis (cf. §7.2), il en va tout autrement pour les zones charnières entre deux périodes, qui peuvent s'assimiler à une *brèche* (Arendt 1972) dans le continuum historique. Ces brèches "*entre le passé révolu et l'avenir infigurable*" sont les ruptures conceptuelles qu'il peut y avoir au niveau d'une volonté de description et de compréhension universelles⁵⁹ de la réalité. Elles correspondent donc aux moments de cristallisation des changements de perception, de production et de représentation, définissant le contexte historique et, par conséquent, la validité relative des concepts (Koselleck 1990 (1979)). C'est dans ces brèches que les événements ont lieu, induisant l'évolution recherchée entre deux états et nous confortant dans l'idée que l'histoire est, elle aussi, un processus et non une pure accumulation chronologique de dates et de lieux (Arendt 1972).

⁵⁷

A titre d'exemple, voir la comparaison entre les parcellaires français, anglais, allemand et danois Bloch, M. (1929). "Les plans parcellaires, première partie: Le plan parcellaire document historique." *Annales* 1(1): 60-70, Bloch, M. (1929). "Les plans parcellaires, troisième partie: France." *Annales* 1(3): 390-398, Bloch, M., H. Hall, et al. (1929). "Les plans parcellaires, deuxième partie: Allemagne et Angleterre." *Annales* 1(2): 225-231., ou encore la série d'articles dans *Urban Morphology* à propos de la discipline elle-même selon différents pays Marzot, N. (2002). "The study of urban form in Italy." *Urban Morphology* 6(2): 59-73., etc.

⁵⁸

C'est notamment le cas de la métaphore spatiale.

⁵⁹

Dans le sens d'une absolue continuité, voire d'un immobilisme, de la conceptualisation.

Ainsi, par opposition à la notion d'état qui est définie par une période d'inactivité, nous dirons que l'événement provoque la bifurcation entre les différents états consécutifs et potentiellement continus. En ce sens, l'événement induit un "vrai mouvement", une durée (Bergson 2001 (1941)), c'est-à-dire un changement d'état et non seulement de position. En termes de notre problématique, nous assimilons donc l'état à une conceptualisation située (ontologie locale) et l'événement à une transformation de cette conceptualisation.

L'événement est l'ensemble des schémas d'inférence menant à une bifurcation. Il est défini par (Deleuze 1987) comme "*la conjonction de séries convergentes tendant chacune vers une limite, et dont chacune caractérise une vibration*"; un mode vibratoire pouvant être compris, dans notre cas, comme un processus élémentaire au sens de Thériault et Claramunt (1999). Or, ce ne sont pas les processus élémentaires rattachés à chaque mode vibratoire qui nous intéressent, mais bien la mise en évidence de l'interaction des séries définissant un ensemble de nouveaux modes vibratoires, ainsi que les articulations concept-instance qui mènent vers quelque chose de nouveau, c'est-à-dire les conditions permettant la production subjective, ou *émergence* (Saint-Sernin 2000), de nouveauté dans un monde objectif (Deleuze 1988).

En effet, l'événement est un fait singulier produisant une mutation qualitative des instances ou des concepts, et dont les composantes sont: l'extension, l'intension, la préhension et la création (Deleuze 1988). De ces caractéristiques, qui présentent l'événement comme un concept complexe au sens de Morin (Morin 2005 (1991)), à savoir qu'il est plus que la somme de ses parties (extension), qu'il est mesurable en intensité (ou intension) et qu'il procède d'une perception de la réalité objective par des individus (préhension ou point de survol), nous retenons surtout le fait qu'il est la synthèse des conditions de l'émergence du nouveau. Grâce à lui, nous pouvons dépasser l'idée d'invariabilité aristotélicienne des concepts et déployer notre véritable capacité à produire de nouvelles conceptualisations, à (ré-)inventer le monde. Or, ces reconceptualisations, qu'elles soient intentionnelles ou accidentelles, provoquent un changement d'état intelligible selon le processus interprétatif que nous avons adopté, puisqu'il s'agit avant tout d'un changement de signification, soit par la mesure, soit par les modalités de représentation, soit encore par la transformation du contexte historique.

Dans notre cas, nous distinguons donc trois catégories d'événements, selon qu'ils induisent une bifurcation au niveau des données, des concepts ou des arrangements conceptuels (cf. figure 8.3). En effet, nous avons choisi de les définir en fonction de la nature de leur impact sur un état donné, et donc de la nature de l'état modifié par l'événement (état-concept, état-instance, état-contexte).

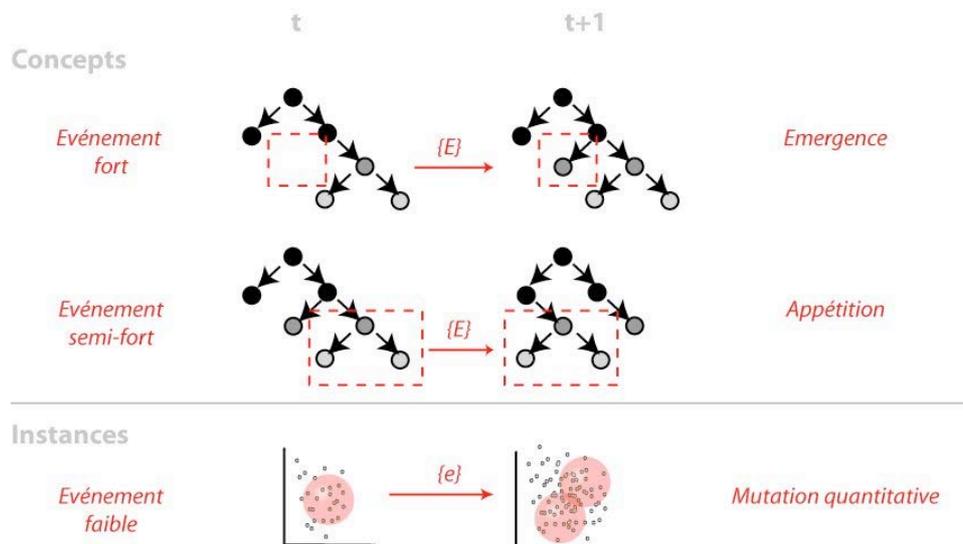


Figure 8.3: Catégories d'événements.

Nous appelons chacune de ces catégories:

- L'**événement fort**, celui qui conduit à l'émergence ou à la disparition d'un concept (reconceptualisation, innovation, invention, etc.).

- L'**événement semi-fort**, celui qui mène à la modification d'un arrangement conceptuel (changement du point de survol, appétition⁶⁰ ou réarrangements conceptuels).

- L'**événement faible**, celui qui provoque la transformation des seules instances d'une configuration spatiale (mutation quantitative ou événement spatial (EPEES 2000)).

En introduisant la notion d'événement de cette manière, nous avons cherché à décrire l'imprévisibilité et la transformation brutale de la réalité par une lecture *a posteriori* des changements observés. Or, deux événements distants dans le temps peuvent aussi servir à déterminer l'intervalle de validité des concepts, la durée (Whitehead 1995). La durée n'est donc plus une simple somme d'instantanés (événements sans épaisseur réduits à des instants), mais se définit par sa capacité à encaisser les transformations possibles d'une conceptualisation donnée. Le processus, ainsi déterminé par la durée, n'est plus une chaîne causale simple régie par l'événement en tant que cause produisant un effet, mais bien un enchaînement complexe d'actions, réactions ou compensations induites par l'événement, et restant mesurables dans un cadre où la stabilité conceptuelle est assurée par la résilience du contexte historique.

Grâce à cette définition, il est possible de penser le contexte comme la mise en évidence des conditions matérielles et idéelles permettant de faire émerger les événements lorsque le seuil de résilience est dépassé et qu'une transformation a effectivement lieu. En d'autres termes, le contexte est considéré comme l'espace logique pour l'énonciation des actions, celui qui permet d'attribuer une signification (Davidson 1993). Nous retrouvons ainsi pleinement l'ancrage pragmatique et spéculatif de notre approche.

⁶⁰

"Passage d'une perception à une autre, comme constitutif d'un devenir" (Deleuze 1988).

8.3.4 Prise en compte de la double relation temporelle: synchronie et diachronie

Après avoir explicité la structure formelle de la notion de changement, il nous faut nous attarder sur l'objet de cette transformation. A partir de là, nous pourrions définir une mesure des transformations des composantes de la ville (matérielles et idéelles) et une mesure supplémentaire permettant de caractériser "*l'unisson d'immédiateté*" (Whitehead 1995) du contexte.

Comme nous l'avons vu au §8.3.2, un état correspond à la chose mesurée. Il peut donc être décrit à son tour par les caractéristiques uniformes que sont les entités et les relations entre les entités. Afin de mettre en évidence la question de la temporalité inhérente à l'idée de transformation, nous avons fait le choix d'une médiation qui conduise à la constitution d'un univers du discours basé sur la double relation qu'entretiennent les artefacts du langage et leur structure interne. Il s'agit, d'une part, de la description d'un état à un moment donné - les entités et les relations spécifiant cet état - et, d'autre part, de l'évolution au cours du temps de la structure de l'état en question, c'est-à-dire l'évolution de ses entités, de ses relations et de sa structure d'ensemble (arrangements entités-relations).

En termes linguistiques, ces deux points de vue s'appellent la synchronie et la diachronie (cf. figure ci-dessous).

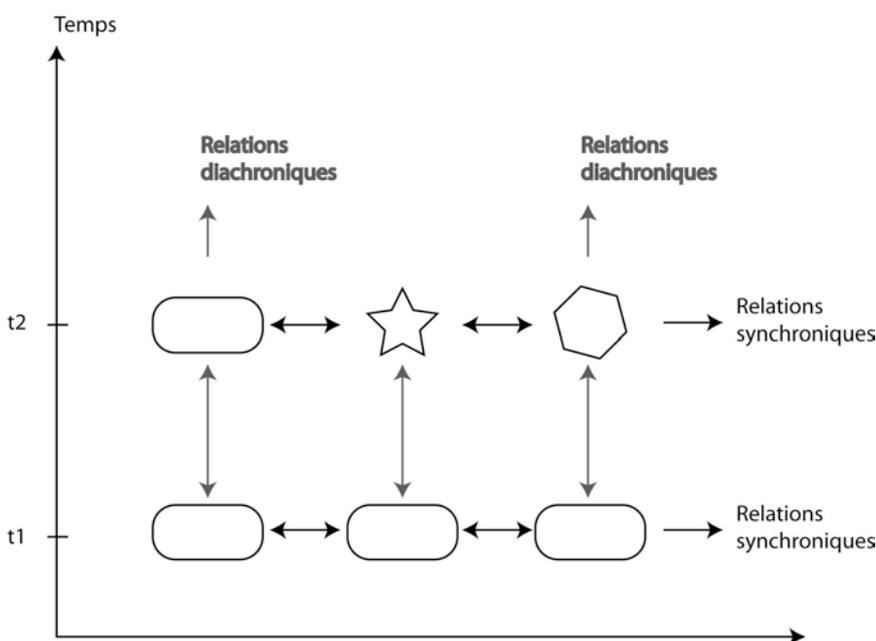


Figure 8.4: Synchronie et diachronie.

Sans entrer dans les détails de la théorie de la linguistique générale, nous nous contentons de rappeler les définitions des lois synchronique et diachronique (de Saussure 1995 (1916)). La synchronie étudie l'ensemble des faits de la langue considérés comme formant un système fonctionnel, à un moment déterminé de l'évolution d'une langue. La diachronie consiste en l'évolution de ces faits linguistiques dans le temps (Choi 2002).

Ainsi, la forme urbaine, par le biais de son représentamen (la configuration spatiale) et de son interprétant (le contexte historique), est une structure signifiante (Malfroy 2001). Elle peut donc être assimilée à un système fonctionnel (Allain 2004), et il devient possible de la décomposer en entités et relations. Ce faisant, la synchronie et la diachronie s'appliquent aux relations et aux entités qui forment le système fonctionnel de la morphologie urbaine, déterminant par là-même les conditions de son explicitation.

La question revient désormais à savoir comment caractériser une structure synchronique et une structure diachronique. Nous utiliserons ce découpage pour définir les indicateurs de caractérisation au chapitre 10. Pour l'instant, nous nous contenterons d'explicitier les catégories qui subissent ces changements.

8.4 Catégories évolutives: quelques exemples morphologiques

L'évolution observée peut donc être considérée comme un changement d'état induit par un événement. Or, en première approximation, l'état d'une chose peut être décrit par l'état de ses composantes. Dans le cadre qui nous intéresse, nous avons identifié trois composantes principales des phénomènes urbains : les composantes matérielles, les composantes idéelles et le point de survol. Ainsi, un phénomène urbain est saisissable par les arrangements spatiaux des objets qui le composent, par la conceptualisation qui le subsume et par le contexte qui le rend intelligible. La figure 8.5 illustre la typologie des catégories évolutives que nous avons identifiées sur la base de trois exemples tirés de la littérature morphologique.

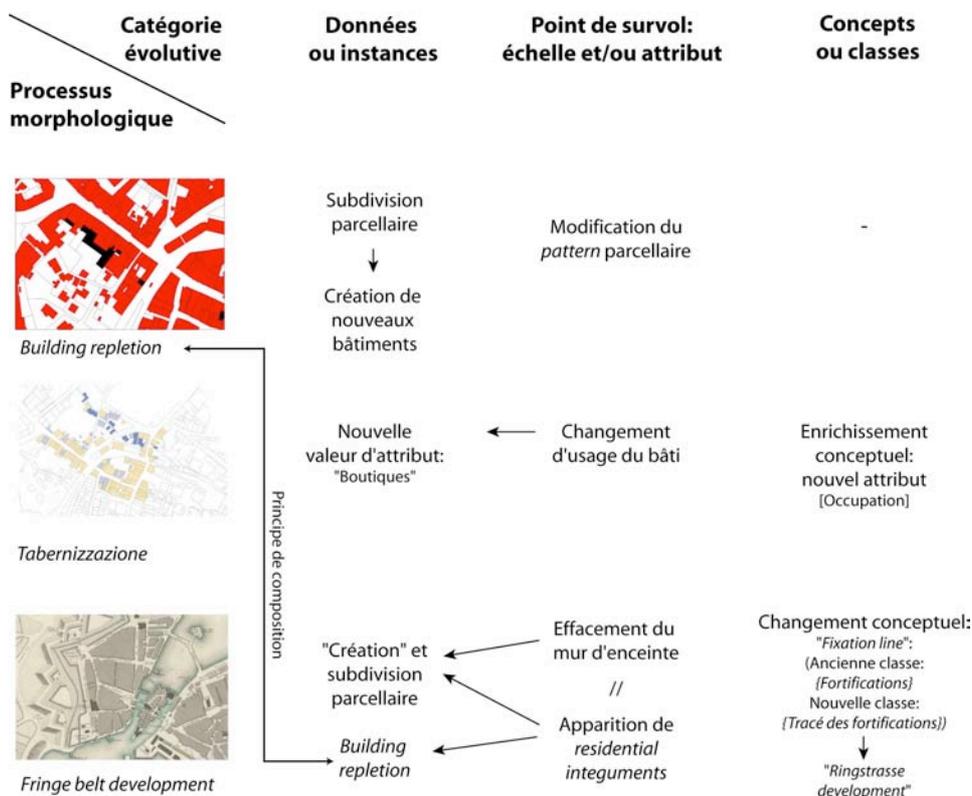


Figure 8.5: Typologie des catégories évolutives.

Toute configuration spatiale donnée, à partir du moment où elle subit des modifications de position (déplacement), de taille ou de contenu (affectation), subit de manière générale une évolution. Ainsi, l'extension d'un bâtiment, la reproduction ou la réinterprétation d'une manière de faire (un style architectural, par exemple), le changement d'affectation d'un bâtiment, etc. ont un impact sur la matérialité ou l'idéalité du territoire, et donc sur l'état du territoire qui les porte.

Or, ces seules transformations ne sont pas suffisantes pour décrire la totalité des transformations intéressantes d'un point de vue morphologique. Les questions liées à la conceptualisation des objets observés, c'est-à-dire les concepts et les relations entre ces concepts, font partie intégrante du monde des formes. La forme peut donc être définie par l'espace de relations entre les composantes de la configuration spatiale et, dès lors que les relations ou les concepts changent, la forme elle-même change. Par exemple, le changement de statut d'une parcelle ou d'un ensemble de parcelles menant à une opération urbaine fait partie intégrante du processus morphologique. Afin de le mettre en évidence, il est nécessaire d'attribuer à la notion de statut parcellaire une valeur qui rende possible la transformation matérielle qui s'ensuivra. Les changements subis par cet attribut ont le même statut ontologique que les modifications observées des données géométriques. Un changement d'attribut quel qu'il soit est un fait observable et donc un indice que quelque chose se passe.

De même, ce qui pouvait être considéré comme une limite au développement à un moment donné peut devenir opportunité foncière à un autre. Ce type de glissement de la conceptualisation de la ville nous renseigne aussi sur l'évolution de la forme. Ainsi, le choix du « point de survol » des phénomènes (échelle ou périodisation) induisant un changement de perception transforme l'essence première des choses observées, donc observables « à partir de ». Le changement de point de vue peut s'assimiler aussi à une transformation du territoire par ce biais-là. Par exemple, les transformations à l'échelle de la parcelle ne sont pas les mêmes que les changements des *patterns* parcellaires. De plus, les changements à l'échelle du paysage et les changements à l'échelle de la parcelle induisant des transformations paysagères ne sont pas totalement réductibles l'une à l'autre par simple addition. De même, le cycle du bâti sur un siècle ne met pas forcément en évidence les mêmes tendances de changement que l'éclatement d'une bulle immobilière imposant localement des corrections sur le marché du logement. L'évolution de la forme doit pouvoir être saisie comme une projection dans un certain contexte, cette évolution étant déterminée aussi bien par les mutations de la forme elle-même que par le changement du contexte d'observation.

Du point de vue de la théorie morphologique, les types de changement généralement pris en considération sont ceux de nature formative (ontogénétiques) ou transformative (phylogénétiques) (Kropf 2001). Dans cette approche organiciste, c'est donc soit l'origine et le développement de la forme comme individu, soit l'histoire ou l'évolution d'un type qui intéressent la recherche. Or, qu'il s'agisse de la création, de la transformation, de l'évolution, de la mutation ou de la destruction d'un type, c'est aussi par la nature de la connaissance impliquée dans « ce qui change », que nous nous trouvons ou non face à une mutation saisissable en tant que glissement de signification. Ainsi, par extension et dépassement de la métaphore biologique communément admise (Malfroy 2001), nous proposons trois niveaux de transformation plus formels: le changement de valeur, le changement de concepts et le changement de signification (Camacho-Hübner and Golay 2007).

8.5 Synthèse et conclusions du chapitre: aplatissement et historicité

Bien que l'école anglo-saxonne de morphologie urbaine ait proposé une épistémologie de la causalité basée sur les "*modes of causation*" de natures physique, biologique et sociétale (Conzen 1998; Conzen 2004), nous avons cherché à conceptualiser le processus morphologique plutôt comme une séquence où les relations transformatives seraient la synthèse du contexte historique. L'interdépendance entre les entités, l'emboîtement scalaire, etc. permettent de faire émerger des connaissances nouvelles, sans qu'un système de causalité déterministe soit systématiquement présent. Les séquences basées sur les concepts d'état et d'événement offrent un équilibre entre la part quantifiable (et donc mesurable) de la connaissance historique et sa part non-quantifiable. Ces deux concepts opèrent comme une synthèse des multiples raisons (accidentelles ou intentionnelles) possibles menant à un changement d'état.

En suivant la logique de décomposition d'un état donné en entités, relations et arrangements, nous l'avons décrit de la manière la plus détaillée possible et avons suivi l'évolution de ses parties à travers le temps. La synthèse de l'évolution de l'ensemble s'avère par contre plus difficile, car la réduction de l'ensemble à ses parties ne permet pas de résumer la complexité qui lui est propre (Morin 2005 (1991)). En effet, il faut tenir compte non seulement de l'évolution des relations entre les différents objets à différentes échelles, mais aussi de la transformation du contexte, afin de pouvoir rendre intelligible l'ensemble composé de ces entités et de ces relations.

Cette assertion est d'autant plus contraignante et nécessaire dans le cas de la morphologie urbaine que le contexte permettant la mise en relation des différents objets est non seulement le producteur de ces signes, mais également le producteur de leur représentation. D'un point de vue historique, donc, le contexte est une reconstruction effectuée par un observateur situé très en aval de l'instant de production (cf. §4.3 Le décalage historique). Ainsi, la posture historique de l'observateur intéressé par la transformation des formes urbaines consiste à essayer d'éviter de perdre de l'information au moment d'aplatir en une seule couche temporelle l'ensemble des données disponibles ou alors, à extraire de la connaissance à partir du traitement des données uniformisées (cf. l'exemple 3 du §7.2). En effet, cette couche étant le résultat d'une projection de toutes les périodes précédentes en une seule, elle est porteuse de son propre contexte d'interprétation.

D'un autre côté, notre connaissance *a posteriori* des signes produits à un moment donné de l'histoire offre en contre-partie un avantage déterminant. En effet, le décalage imposé par la posture historique offre à l'observateur la capacité de saisir les contraintes et les événements qui émergent au fur et à mesure du développement d'une configuration donnée, tout en les décrivant selon une structure séquentielle. Ainsi, grâce à la conceptualisation proposée, il est en principe possible de comprendre non seulement l'évolution factuelle, mais aussi l'évolution des relations « cachées » qui biaisent le sens de ces mêmes données factuelles.

En résumé, pour comprendre “ce qui change”, il nous a fallu expliciter l’objet sur lequel s’opère le changement et sa structure formelle. Nous devons donc, à partir de cette conceptualisation, offrir une option pour dépasser le constat de l’aplatissement de la profondeur historique au moment de la représentation. En effet, et bien que cet aplatissement soit la principale limite à la connaissance exhaustive des processus historiques, il est aussi une des clés pour l’interprétation historique basée sur l’étude des jeux de données partiels. Il est donc essentiel de définir une mesure historique pertinente capable de rendre compte de l’émergence d’une conceptualisation, d’une part, et de caractériser la coexistence de plusieurs phases hétérogènes, mais “synchrones”, qui constituent un état mesurable du territoire, d’autre part. Nous avons appelé cette mesure, la mesure d’historicité. Il s’agit d’une construction cognitive qui combine les questions temporelles et sémantiques afin de caractériser les faits observés par rapport à un contexte historique donné. Elle est donc mesurée non pas à partir d’une série chronologique, mais bien de façon synchronique sur la co-présence de configurations connotées historiquement. C’est donc bien une mesure de l’intensité de mixité historique à un moment donné et, par là-même, la mesure de caractérisation du contexte historique représenté par l’aplatissement de l’information.

A partir de cette conceptualisation, nous allons proposer au chapitre suivant une formalisation de la notion de processus morphologique.

9. Formalisation

9.1 Introduction

Au chapitre précédent, nous avons proposé une conceptualisation de la notion de processus morphologique basée sur la classification donnée par Sowa (2000) en états et événements. Nous avons discuté les contraintes liées à cette décomposition et avons défini les catégories évolutives qui permettent de l'appliquer au processus observé et au méta-processus. Sur cette base, et en utilisant la trousse conceptuelle discutée au chapitre 5, nous proposons ici une formalisation de notre concept central. Pour cela, nous reprenons les éléments constitutifs de l'*Ur-Ontologie* définie au §1.2 et discutons la classification nécessaire pour saisir ce champ de connaissances sous la forme d'une ontologie formelle.

Ce chapitre est structuré autour de la construction de l'ontologie de la façon suivante:

- Décomposition des notions de forme urbaine et de processus morphologique.
- Description des caractéristiques du corpus conceptuel.
- Définition des relations sémantiques entre concepts.

Le corpus conceptuel nécessaire à la construction de l'ontologie a été extrait d'un certain nombre de dictionnaires, vocabulaires et glossaires morphologiques, tandis que les relations sémantiques ont été construites afin de pouvoir formaliser les liens entre ces concepts selon un point de vue privilégié, celui de processus morphologique.

9.2 Ontologie des processus morphologiques de la ville et du territoire

9.2.1 Décomposition de la notion de forme urbaine

La forme urbaine est décrite selon trois principes fondamentaux (Vernez Moudon 1997):

- Elle est définie par trois éléments physiques fondamentaux: le bâti et ses espaces ouverts, le parcellaire et les rues.
- Elle peut être comprise à différents niveaux de résolution ou échelles (le bâti/cadastre, la rue/ilot, la ville et la région).
- Elle ne peut être comprise que selon un point de vue historique, étant donné que les éléments qui la définissent subissent des transformations et des remplacements continus.

Ces trois principes fondamentaux (forme, échelle et histoire) nous fournissent naturellement le point de départ pour la décomposition du concept de morphologie urbaine, ainsi que le niveau le plus général à partir duquel l'ontologie peut être développée. Nous avons appelé cette triade l'*Ur-Ontologie* et avons démarré notre travail en essayant de comprendre les implications de chacune de ces notions. La structuration résultante est illustrée à la figure suivante:

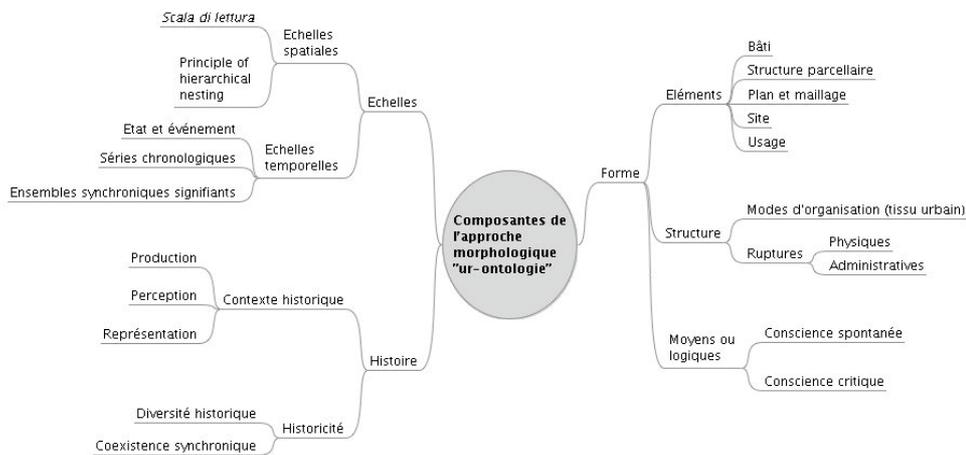


Figure 9.1: *Ur-Ontologie*: composantes de l'approche morphologique.

Forme

Le concept de *forme* se décompose selon trois sous-groupes (Allain 2004): les *éléments* physiques fondamentaux, les arrangements possibles entre ces éléments physiques, donnant lieu à des *structures* signifiantes, et, enfin, les *moyens* ou logiques (voire idéologies), qui sous-tendent la validité de ces arrangements dans un contexte historique et architectural donné.

Les éléments physiques fondamentaux décrits ci-dessus doivent néanmoins être enrichis pour tenir compte des contraintes liées aussi bien au *site* d'implantation et au *maillage* (parcellaire ou structure viaire à petite échelle) qu'à l'*usage* qui est fait du sol où sont implantées ces formes de base (bâti, parcellaire, rue). Ces contraintes, sans être des déterminants géographiques invariables, peuvent toutefois conditionner la production des formes en fonction de l'ensemble de connaissances et de techniques disponibles pour résoudre les problèmes posés par une intervention précise à un moment donné et sur un territoire donné. Elles rendent ainsi possible l'enquête diachronique et diatopique par l'étude des composantes technologiques, par exemple (cf. §5.2.5). Ainsi, nous pouvons faire la distinction entre les *logiques* opératoires selon que le bagage technologique se diffuse par "contamination naturelle" (approche vernaculaire, imitation, etc.) - *conscience spontanée* - ou par "choix rationnel" du meilleur compromis constructif - *conscience critique* (Caniggia and Maffei 2000; Malfroy 2001).

Histoire

L'*histoire* se décompose en deux sous-catégories (cf. figure 9.2): la question du *contexte historique*, d'une part, et la mesure de la diversité historique, ou *historicité*, d'autre part. La prise en compte du contexte historique induit à son tour un découpage selon trois catégories principales: la perception, la production et la représentation (cf. §5.2.5).

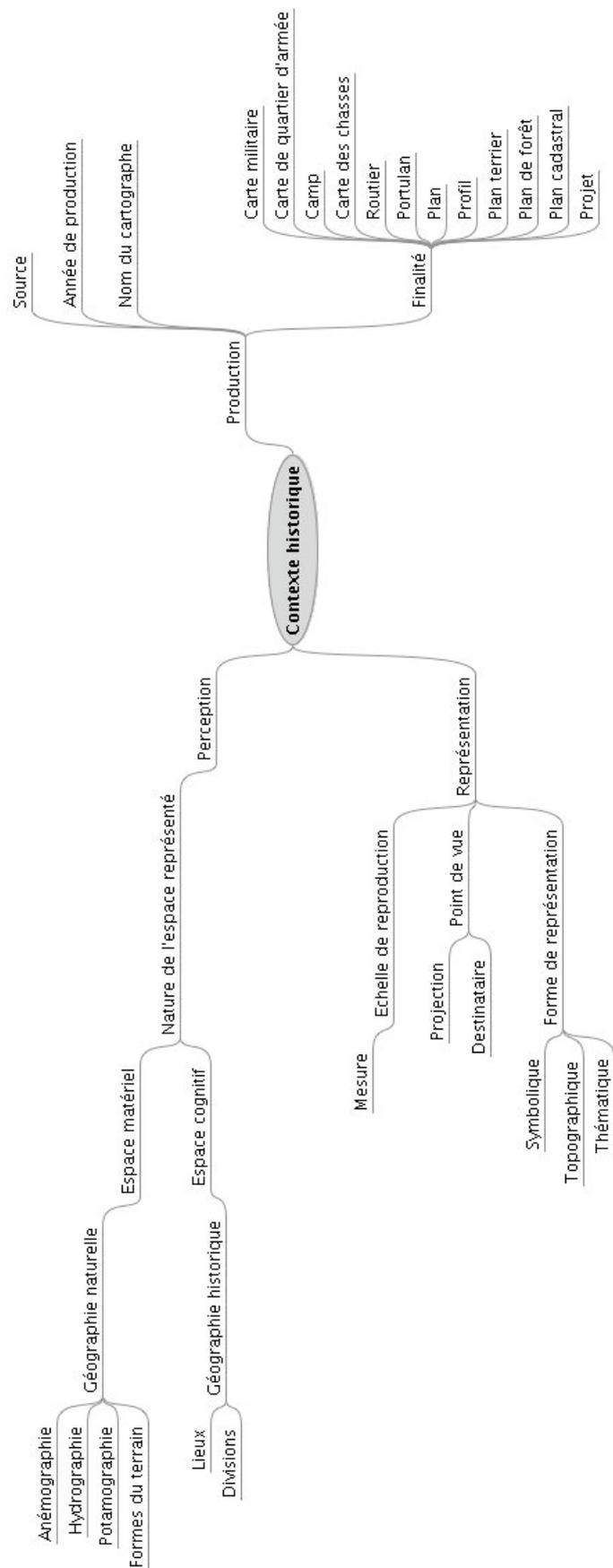


Figure 9.2: Carte conceptuelle d'extraction du contexte historique.

Le concept de *production* regroupe l'essentiel de la méta-donnée traditionnellement utilisée pour classer les collections de cartes anciennes, c'est-à-dire la *source*, l'*année de production*, le *nom du cartographe* et la *finalité* de la carte.

La notion de *perception* regroupe toutes les informations sur la *nature* des informations représentées. Ainsi, l'espace en question peut être décomposé en *espace matériel* et *espace cognitif* (Fabrikant and Buttenfield 2001). En effet, la cartographie en général, et la cartographie ancienne en particulier, ne se limitent pas à une représentation purement topographique du territoire. Elle est, au contraire, fortement chargée sémantiquement, ce qui permet d'extraire des informations sur l'intentionnalité du cartographe ou du commanditaire.

Le concept de *représentation* est composé de l'*échelle de reproduction*, du *point de vue* et de la *forme de représentation* admise. Ce canevas de représentabilité du message est constitué des caractéristiques de son contexte d'énonciation.

Echelle

Enfin, la question de l'échelle, ou plutôt des échelles, a été discutée au §7.2. La décomposition proposée reprend simplement les principales catégories évoquées, à savoir les échelles spatiales et les échelles temporelles.

9.2.2 Sources: dictionnaires, vocabulaires et glossaires

En commençant la construction de l'ontologie par la retranscription des entrées des dictionnaires, vocabulaires et glossaires spécifiques à notre domaine d'intérêt, il est possible de constituer une première ébauche de la base de connaissances nécessaire à la formalisation de la question de la forme urbaine. Il s'agit essentiellement soit d'une structure méréologique régie par des relations *is_a* et *part_of*, soit d'une structure plate (collection non-hiérarchique) regroupant les principaux concepts utilisés par l'auteur et regroupés souvent en fin d'ouvrage (lexique ou index).

Ainsi, dans le premier cas de figure, le concept "Ville" est une super-classe de "Cité", "Oppidum", etc., étant lui-même un sous-concept de "Lieux" (cf. figure 9.3).

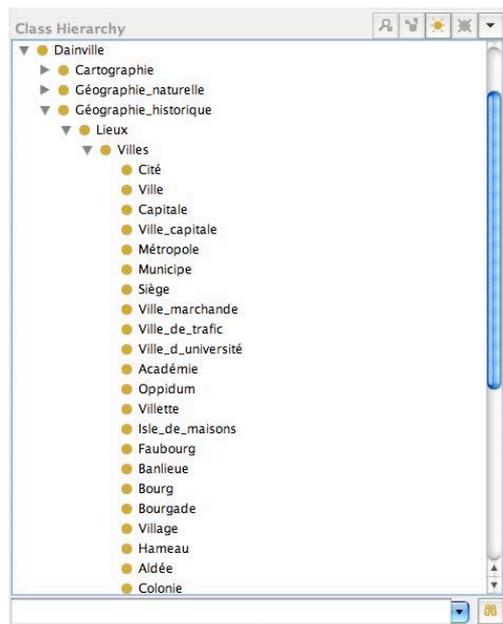


Figure 9.3: Dictionnaire de Dainville (de Dainville 1964).

La logique propre à chacune des sources ayant été entièrement respectée, elle donne la plupart du temps lieu à des classifications sans profondeur, c'est-à-dire sans catégorisation ni regroupement des concepts. La figure 9.4 illustre une de ces structures plates.

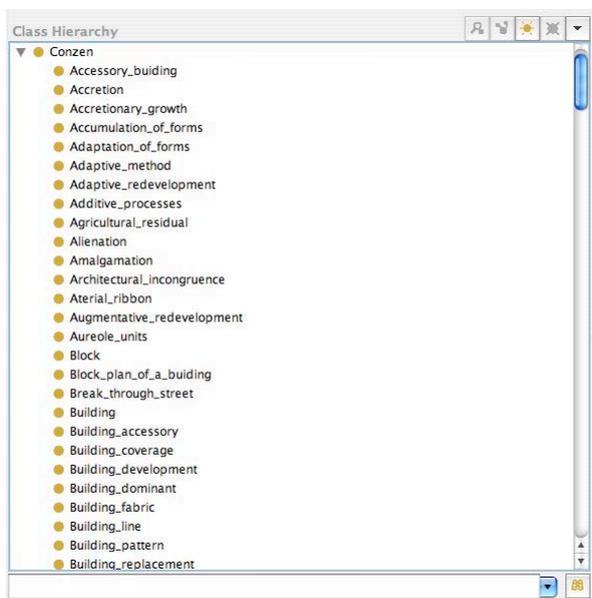


Figure 9.4: Glossaire Larkham et Jones (1991).

Afin d'exploiter ces sources, il est nécessaire de mettre en évidence les hiérarchies conceptuelles sous-jacentes. Ces classifications plates doivent donc être restructurées pour montrer les relations existant entre les différents concepts et définissant le champ d'application du corpus qu'elles génèrent. En d'autres termes, cette opération constitue une généralisation du codage de l'information discuté au §3.2.

Le manque de formalisme structurel et le caractère explicatif plutôt que catégoriel propre à ces glossaires nous ont incité à privilégier un point de vue explicite et une structuration *ad hoc*. En effet, une structuration par étapes de l'ensemble des sources existantes, peu ou pas formelles, auraient éventuellement pu donner lieu à une ontologie plus importante, grâce aux techniques de fusion et d'alignement des ontologies. Toutefois, étant donné que ni l'ontologie de la forme urbaine, ni l'ontologie des processus morphologiques n'existent dans la littérature, il n'y a donc aucun avantage à utiliser ces techniques, plutôt utiles pour exploiter des bases de connaissances déjà existantes, et à effectuer un travail de *reverse engineering* en recyclant des thesaurus déjà disponibles sous la forme de fichiers informatiques.

9.2.3 Décomposition de la notion de processus morphologique

A partir de l'*Ur-Ontologie* de la forme urbaine (§1.2), nous avons procédé à la décomposition de la connaissance morphologique en privilégiant le point de vue du processus morphologique. Ainsi, il a été possible de regrouper les différents champs sémantiques, qu'il a fallu, avant tout, catégoriser en cinq grandes catégories ou familles de descripteurs (cf. figure 9.5): les descripteurs processuels (actions morphologiques, typologie, moment morphologique, modes de croissance, nature du changement, etc.), les descripteurs morphologiques (indicateurs morphologiques, traces et mesure de diversité), les descripteurs temporels (structure temporelle, durée, statut temporel et taux d'évolution), les descripteurs spatiaux (description géométrique, relations topologiques, localisation spatiale, limites et échelle) et les descripteurs généraux (relations sémantiques et vérificateurs d'existence).

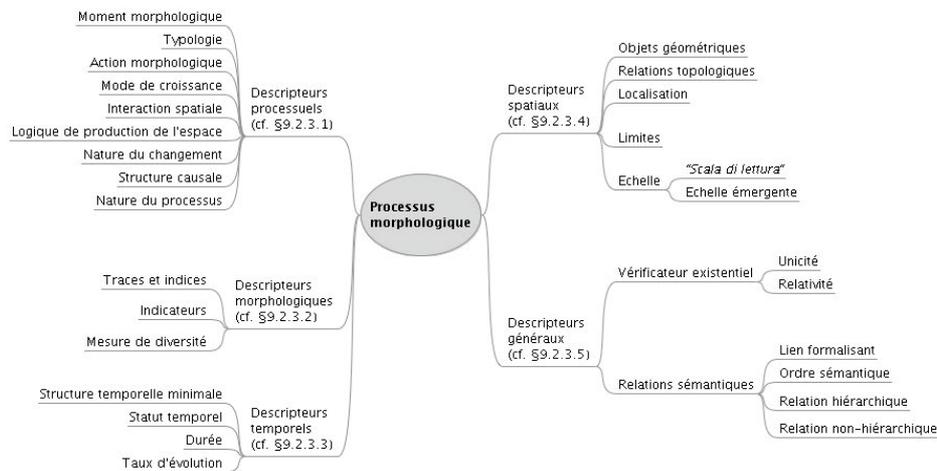


Figure 9.5: Décomposition des familles de descripteurs du processus morphologique.

Certains descripteurs ont été formalisés sous la forme de relations qui ont permis la construction du réseau sémantique, constituant ainsi le squelette de notre base de connaissances. Toutes ces relations ont été implémentées à l'aide du logiciel *Protégé*⁶¹ sous la forme de propriétés des concepts morphologiques (cf. figure 9.6).

⁶¹ <http://protege.stanford.edu/>

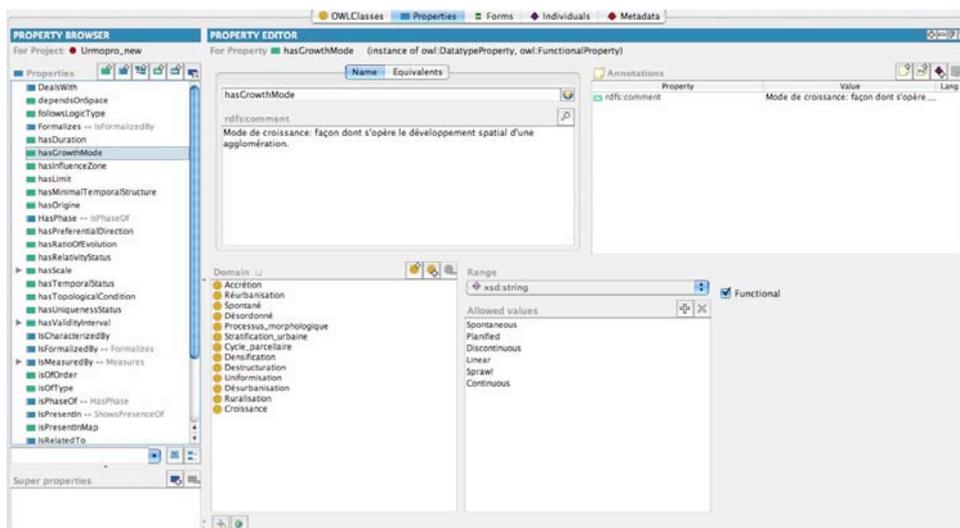


Figure 9.6: Structuration des relations (*properties*) dans l'ontologie.

Nous explicitons ci-dessous ces différentes propriétés.

9.2.3.1 Descripteurs processuels

Nature du processus

Par définition, les deux natures prises en considération dans notre travail sont les processus observés et les méta-processus (cf. §6.2.1).

Moment morphologique

Moment de création, de transformation ou de destruction de la forme urbaine. Les moments morphologiques définissent les événements qui ponctuent les phases du processus morphologique.

Action morphologique

Fait d'agir sur une forme urbaine. Il s'agit d'une des composantes des processus morphologiques, comme l'alignement, la démolition, etc., qui sont des actions ayant un impact direct sur la forme urbaine.

Le mode de causalité décrit par l'action morphologique explicite la manière dont s'opère le changement, et donc la nature de l'événement qui provoque cette transformation (cf. §8.3).

* **HasOrigine**⁶²: Nature de l'événement provoquant une transformation (anthropique ou naturelle).

Typologie

La typologie des processus au sens de Conzen (Larkham and Jones 1991) donne lieu à une catégorisation des processus morphologiques en fonction du type de changement pris en considération pour l'explicitation de la transformation de la forme urbaine. Selon cette typologie, les processus peuvent être adaptatifs, additifs, réplétifs ou transformatifs.

* **isOfType**: Détermine la nature des processus à l'œuvre en fonction du type de changement observé (terminologie conzénienne).

62

Les relations ont été définies dans le cadre du projet européen COST C21 Ontologies for urban development, c'est la raison pour laquelle nous avons laissé la terminologie en Anglais.

Mode de croissance

Façon dont s'opère le développement spatial d'une agglomération. Il peut être spontané, planifié, linéaire, continu, discontinu, en tache d'huile, etc.

* **hasGrowthMode**: Modalité de croissance de l'étendue spatiale d'une agglomération.

* **hasPreferentialDirection**: Condition d'orientation déterminant un axe préférentiel de croissance.

Interaction spatiale

C'est une action réciproque de deux ou plusieurs lieux (Lévy and Lussault 2003) ou unités spatiales. Le concept d'interaction spatiale, ou plutôt d'interaction sociale dans l'espace, est le mécanisme cognitif permettant d'attribuer à une unité spatiale une *synthèse opératoire* des capacités des acteurs qui la constituent. Grâce à cet artefact conceptuel, il devient possible de mesurer directement les actions réciproques et complexes entre deux unités spatiales, comme s'il s'agissait d'entités douées d'intentionnalité ou possédant des propriétés mécaniques capables de générer des interactions physiques. C'est en quelque sorte le "chaînon manquant" entre une description littérale et l'abstraction qui permet de résumer les forces sociales en présence par le biais d'une mise en relation formelle.

Les catégories les mieux étudiées d'un point de vue quantitatif (Thériault and Claramunt 1999; Pumain and Saint-Julien 2001) concernent les processus de diffusion (production, reproduction et transmission), de hiérarchisation spatiale, de changement (apparition, disparition, mutation et stabilité), de mouvement (déplacement et rotation), de restructuration territoriale (fusion, redistribution et scission), de remplacement (permutation et succession), de transformation (contraction, déformation et expansion) et de spécialisation des attributs (de type, d'usage ou de fonction).

Logiques spatiales

Les logiques spatiales déterminent le lien entre la nature du processus et la logique d'utilisation ou d'organisation de l'espace (extension spatiale, rétraction spatiale et regroupement de semblables ou *clustering*). Elles se traduisent par les propriétés qui définissent l'espace comme le produit de ces interactions.

* **dependsOnSpace**: Propriété qui définit la nature, l'utilisation ou l'organisation de l'espace où le processus a lieu.

* **followsLogicType**: Propriété qui définit la logique sociétale déterminant les transactions nécessaires à la production d'un espace de type donné. Cette logique peut être, par exemple, foncière, fonctionnelle ou commerciale.

Ainsi, le processus d'urbanisation peut avoir une logique spatiale sous-jacente qui se traduit par le passage d'un espace rural à un espace urbain. A son tour, cette logique spatiale est définie par les changements politiques, économiques et sociaux qui déterminent le changement de conceptualisation. En d'autres termes, c'est l'équivalent des interactions spatiales au niveau du méta-processus.

Nature du changement

Il s'agit de la caractéristique permettant de différencier les stades successifs d'un processus en fonction d'un ordre entre les formes préexistantes qui se transforment et les nouvelles formes issues de l'innovation. Nous distinguons, grâce à ce descripteur, les processus pionniers et catachrétiques (cf. §8.4), les transformations et les mutations.

* **isOfOrder**: L'ordinalité définit la nature temporelle du processus du point de vue de l'évolutivité des formes.

Ainsi, une forme primitive ou un usage pionnier sera de 1er ordre, tandis que la transformation d'un état bâti existant sera de 2e ou 3e ordres. Dans le deuxième cas, les concepts auront aussi des propriétés du type: "*presentNumberOfType*" et "*hasRatioOfEvolution*", qui sont typiquement des données dérivées (cf. ci-après).

9.2.3.2 Descripteurs morphologiques

Traces et indices

Toute instance répondant de manière partielle aux caractéristiques explicites d'un concept morphologique ou y répondant de manière totale, sans être corroborée par d'autres instances, est considérée comme une trace ou un indice. Au lieu de créer une multitude de concepts ad hoc, les résultats fragmentaires sont regroupés dans une catégorie intermédiaire en attendant les analyses qui permettront de compléter leur caractérisation en discriminant de façon définitive des états morphologiques proches, mais formellement distincts.

* **hasRelativityStatus**: La relativité d'une mesure ou d'une forme permet de la caractériser par rapport à la taille d'une unité de référence. Elle peut donc être partielle, totale, relative ou absolue.

Indicateurs

La relation entre deux configurations peut être résumée en un indicateur, à condition que les caractéristiques de ces configurations soient mesurables. Par exemple, le rapport numérique entre deux grandeurs permet d'effectuer une classification à partir de l'analyse de leur distribution.

***Measures** <-> **isMeasuredBy**: Lien qui définit le rapport entre un phénomène donné et ses caractéristiques physiques, par l'intermédiaire d'un appareil de mesure servant à déterminer la valeur numérique de ces caractéristiques.

Les indicateurs morphologiques donnent la mesure des états possibles des processus qui nous intéressent. Cette relation est décomposée en deux propriétés qui indiquent soit la mesure de la caractérisation (valeur permettant d'attribuer un sens univoque à un concept), soit la mesure de la discrimination (valeur complémentaire permettant de dire que tel état mesuré n'a pas le sens indiqué par le concept en question).

Mesure de diversité

A une échelle donnée, il est possible de mesurer la diversité des instances par rapport à une caractéristique donnée. Par exemple, la dispersion des résultats d'une classification peut être interprétée comme une mesure dérivée de la diversité de cas co-présents. Si cette même mesure est répétée pour chaque époque, il est possible de mesurer la diversité historique des données disponibles.

- * **presentsNumberOfType**: Tendance qui caractérise la diversification ou l'uniformisation des formes urbaines. Il s'agit d'une mesure possible de l'historicité.

9.2.3.3 Descripteurs temporels

Structure temporelle minimale

La structure temporelle minimale correspond au nombre de jeux de données décrivant la séquence d'interprétation. Ainsi, une séquence simple comporte deux états et un événement, une séquence double trois états et deux événements, etc. A titre d'exemple, la production d'un *tissu de colonisation* (apparition d'une forme dans un espace rural) ou le processus de *densification* ont des structures simples (deux états mesurables), tandis que le processus de *réurbanisation* a une structure triple (quatre états consécutifs intercalés par cette séquence d'événements: densification, dédensification et redensification).

- * **hasMinimalTemporalStructure**: Nombre d'états -1, nécessaires à la mise en évidence du processus.
- * **hasPhase <-> isPhaseOf**: Relation temporelle entre deux concepts qui permet de mettre en évidence les séquences déterminantes d'une évolution.

Statut temporel

La relativité spatiale des configurations (*démolition partielle*, par exemple) a son pendant temporel qui permet de caractériser les configurations à partir d'adjectifs tels que "ancien", "nouveau", "éphémère" ou "pérenne". Cette relativité temporelle permet ainsi d'attribuer un sens aux phases successives d'un processus en caractérisant les formes correspondantes.

- * **hasTemporalStatus**: La temporalité d'une mesure ou d'une forme permet de la caractériser par rapport à sa durée réelle ou désirée.

Durée

La durée constitue la mesure des intervalles de validité et d'observation. Ainsi, la durée d'un processus matériel (intervalle d'observation) doit posséder une certaine stabilité conceptuelle pour pouvoir être mesurée et doit donc être dissociée de l'intervalle de validité d'un concept sous-tendant les mesures effectuées (cf. §8.3).

- * **hasValidityInterval** (startTime, endTime): Durée pendant laquelle un concept est considéré comme sémantiquement stable, permettant de déduire si un style, une manière de faire ou une mesure sont vrais ou non.
- * **hasDuration**: Exprime la durée d'un changement. Par exemple, temps long vs. conjoncture.

Taux d'évolution

Mesure permettant de déterminer le ratio entre le nombre de changements ou le taux d'achèvement par unité de temps. C'est une mesure dérivée, nécessitant un pas de temps très court pour pouvoir être réellement opérationnelle.

- * **hasRatioOfEvolution:** "Vitesse" à laquelle les changements se produisent.

9.2.3.4 Descripteurs spatiaux

Caractéristiques géométriques et relations topologiques

La description de la géométrie des objets (point, ligne et surface) et les relations topologiques sont déjà formalisées dans les différents systèmes d'information géographique disponibles. Nous avons donc simplement repris ces relations en les intégrant dans la base de connaissances.

- * **hasTopologicalCondition:** Condition de respect des règles topologiques de voisinage, de circonscription de complétude ou de proximité.

Localisation

Outre la géoréférence, qui permet la localisation des objets par rapport à un système de référence, nous avons inclus l'idée de *localisation privilégiée d'observation*, qui consiste à définir des configurations urbaines regroupant des caractéristiques géographiques et historiques. Ainsi, la localisation des formes et, a fortiori, des processus conduisant à la production des ces formes, suit la logique communément admise dans les différentes écoles de morphologie urbaine, à savoir: le noyau pré-urbain, le noyau, le noyau composite, la frange urbaine, la périphérie et l'espace rural.

- * **hasInfluenceZone:** Localisation préférentielle pour l'observation d'un phénomène urbain.

Nous avons adopté ce découpage afin de respecter certains concepts déjà bien stabilisés dans la littérature. Toutefois, il est important, dans une optique exploratoire, d'admettre d'autres découpages possibles a priori ou, suivant notre logique à propos des échelles émergentes, d'imaginer la possibilité de définir de nouveaux découpages en fonction des caractéristiques mises en évidence par l'analyse des données.

Limite

La notion de limite subsume tous les concepts ayant affaire à la délimitation de la zone d'influence d'un phénomène. En effet, le découpage du territoire a priori ou a posteriori dérive d'une intentionnalité forte ou de la reconnaissance d'un changement de phase entre deux unités spatiales connexes.

- * **hasLimit:** Élément naturel ou anthropique qui délimite l'étendue spatiale d'un phénomène.

Echelle

La question de l'échelle a été discutée au §7.2. La reconnaissance des échelles *a priori* (*scala di lettura*) ou *a posteriori* (échelle émergente) permet de discriminer certaines configurations spatiales par rapport à l'échelle pertinente des phénomènes qu'elles instancient.

- * **hasScale** (*scala di lettura* et échelle émergente): Condition faisant la distinction entre l'échelle d'observation d'un phénomène et l'étendue de la validité d'une relation entre différents individus.

9.2.3.5 Descripteurs généraux

Vérificateur existentiel

La condition d'existence est un axiome général des ontologies permettant à une configuration concrète d'être décrite par des concepts abstraits et réciproquement. Par exemple, il existe une configuration spatiale de type géométrique, respectant les conditions topologiques de connexité définissant la portion de sol appartenant à quelqu'un. Cette configuration s'appelle une parcelle. Ainsi, *parcelle* devient l'abstraction d'un découpage réel de l'espace matériel. De même, il existe une configuration concrète donnant lieu à l'instanciation d'un concept donné. Par exemple, la parcelle n°1305, appartenant à M. Dupont, est une instance du concept *parcelle*. Le principe de validation historique de cette condition d'existence consiste donc à confirmer la présence de l'instance d'un concept dans un document d'archive. En d'autres termes, cette présence atteste la validité empirique de l'ontologie dans un espace de représentation ayant valeur de vérité (sources).

- * **isPresentInMap**: Dénote l'existence de l'instance dans un jeu de données, un plan ou une carte ancienne.

La deuxième condition d'existence, appelée la *condition d'unicité* de l'instance, permet de spécifier la nature dénombrable de l'instanciation d'un concept, en imposant à une classe donnée d'être peuplée par une instance et une seule (par exemple "la tour Eiffel" ou "Lausanne", qui sont les instances des concepts "tour Eiffel" ou encore "Lausanne"), ou, au contraire, en autorisant une instanciation multiple d'un concept (comme dans l'exemple sur les parcelles).

- * **hasUniquenessStatus**: Condition d'unicité de l'instance. Détermine la réductibilité ou non du fait observé à une analyse quantitative.

Ainsi, si nous cherchons à traiter de manière statistique les observations (représentées par les instances d'un concept), nous chercherons à définir des concepts génériques qui les englobent, c'est-à-dire des concepts pouvant avoir des instances multiples et ayant une validité transhistorique. Les instances étant potentiellement dénombrables, elles permettent le traitement quantitatif des phénomènes qui nous intéressent. Dans notre exemple, cela implique que les concepts du type "tour Eiffel" ou encore "Colisée" soient aussi considérés comme des instances d'un nouveau concept appelé "monument", permettant ainsi de mesurer leur densité au kilomètre carré, par exemple. Si par contre, ce sont les caractéristiques spécifiques d'un objet qui sont porteuses d'information, il est important de ne pas les réduire en instances d'un concept générique, mais de chercher à les décrire *per se*. La condition d'unicité est une règle de pertinence essentielle orientant le processus de production de connaissance.

Relations sémantiques

La complexité de la mise en relation des concepts à des échelles diverses (spatiales et temporelles) ne permet pas de réduire la totalité de la connaissance morphologique aux seules relations hiérarchiques⁶³ (*is_a/part_of*, hypéronymie/hyponymie et holonymie/méronymie), ni aux seules relations non-hiérarchiques⁶⁴ (synonymie et opposition). Il a donc fallu définir des relations permettant de relier des concepts de nature différente. Dans ce but, nous avons cherché à expliciter de façon formelle les catégories sémantiques complexes nécessaires à la description du lien existant, par exemple, entre la forme urbaine et ses modalités de mise en œuvre, ou encore entre l'indicateur et sa mesure. Nous avons opté dans ce cas pour la sémantique déclarative de Tarski⁶⁵ (Naumenko 2002).

Ainsi, nous nous sommes intéressés principalement aux relations qui permettent de mettre en évidence la complexité de la structure hiérarchique de la notion de processus morphologique. Dans ce but, nous avons introduit la méta-notion de *lien formalisant*, c'est-à-dire toute relation entre deux concepts dont l'un est de nature descriptive et l'autre de nature formelle (*formalizes*, *subsumes*, *isRelatedTo*, *isTheResultOf*, *isCharacterizedBy*, etc.), ou encore entre deux niveaux conceptuels basés sur une logique interprétative (*dealsWith*, *showsPresenceOf*, *isOfType*, etc.).

Ces relations sont brièvement explicitées ci-dessous:

* **subsumes** <-> **isSubsumedBy**: La subsomption est la relation sémantique qui détermine la hiérarchie conceptuelle descendante (sa réciproque donne lieu à une hiérarchie ascendante).

Il s'agit d'une généralisation de la hiérarchie méréologique (relations tout/partie), en partant du postulat de la pensée complexe (Morin 1991), dans laquelle le tout est plus que la somme de ses parties. Ainsi, la subsomption donne lieu à un concept qui, bien que décomposable en sous-concepts, relève d'une rationalité supérieure. Par exemple, la forme urbaine, bien que réductible à ses parties bâties et sa structure parcellaire, est porteuse d'une information liée à son contexte historique et urbain, c'est-à-dire au processus de perception de l'observateur. Le processus de production de la connaissance suivant cette logique correspond au *Gestalt switch*⁶⁶ (Kuhn 1983 (1962)).

* **formalizes** <-> **isFormalizedby**: Le lien formalisant est la relation sémantique entre deux concepts, l'un de nature descriptive et l'autre de nature formelle.

⁶³ Qui déterminent s'il existe un ordre catégoriel entre les concepts mis en système.

⁶⁴ Qui permettent de mettre en évidence la question de la polysémie et éventuellement de réduire sa complexité.

⁶⁵ La sémantique déclarative consiste à attribuer d'emblée à un concept une signification unique. En restreignant ainsi son usage, la question de la polysémie est immédiatement évacuée.

⁶⁶ cf. §7.2.

Ce lien permet de donner une traduction d'un processus morphologique (au sens du §6.2) en termes d'interactions spatiales ou de processus spatio-temporels élémentaires (au sens de Thériault et Claramunt (1999)). La description formelle permet ainsi le traitement informatique de l'information caractérisant les niveaux descriptif et interprétatif.

* **isRelatedTo**: Lorsqu'un processus est composé d'autres processus plus élémentaires, nous avons besoin d'une relation décrivant ce principe de composition.

* **isCharacterizedBy**: Dénote le fait qu'un méta-processus puisse être caractérisé par d'autres processus mesurables.

* **isTheResultOf**: Etat résultant d'un processus pouvant être caractérisé. Cet état correspond à une forme urbaine donnée.

* **dealsWith**: relation générale entre la forme urbaine et l'ensemble des modalités de mise en œuvre impliquées dans sa transformation.

C'est le lien conceptuel nécessaire à la mise en relation entre l'objet de la représentation et le processus de sa production.

* **showsPresenceOf <-> isPresentIn**: Dénote la présence de certaines formes rémanentes comme autant d'indices de l'existence d'un processus non observable, mais pouvant être induit à partir de ces indices.

9.3 Modèle Conceptuel de Données des composantes du cycle de développement parcellaire

Le dernier volet de la formalisation concerne plus particulièrement le Modèle Conceptuel de Données (MCD). Il est le résultat d'un double processus de production des connaissances, partant de la structuration brute des données historiques, telles qu'elles ont été acquises et structurées par l'équipe du géopatrimoine (relations *a priori*), pour arriver à la restructuration issue de l'analyse et de l'exploration de ces données pour les besoins de la morphologie urbaine et du territoire (relations *a posteriori*) (Pointet 2007).

Du point de vue de la base de données géo-historique, seules les données de type vecteur (parcellaire, bâti, réseaux, végétation, etc.) et les données de type raster (fonds de carte) sont prises en considération pour l'établissement du MCD. Le formalisme employé est celui défini par l'*Unified Modeling Language* ou UML (Worboys and Duckham 2004; Pilone and Pitman 2005).

Dans notre cas, seules les composantes du cycle de développement parcellaire ont été formalisées par ce biais-là. Le modèle résulte donc de la combinaison des modèles représentant les processus de densification⁶⁷ et d'évolution du *pattern* parcellaire⁶⁸ (cf. figures 9.7 et 9.8) à partir de la conceptualisation donnée dans l'ontologie.

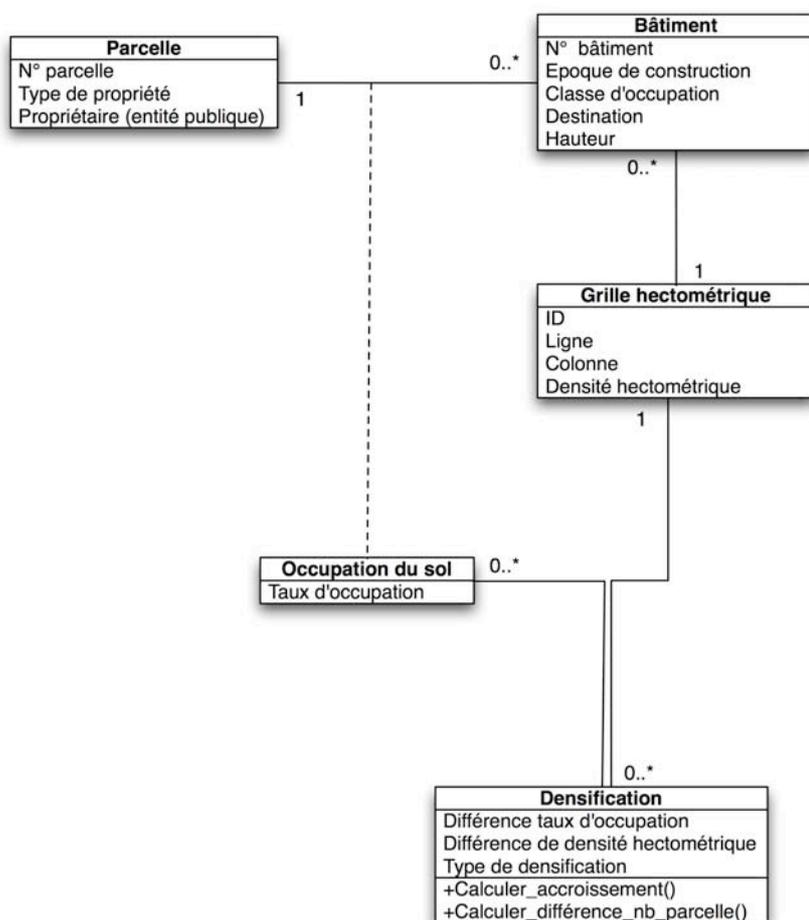


Figure 9.7: Modèle Conceptuel des Données, cas de la densification.

⁶⁷

“Processus d’accroissement de l’occupation d’un site par ajout de bâtiments, éventuellement accompagné d’une subdivision parcellaire, et croissance du coefficient d’occupation du sol” (Gauthiez 2003).

⁶⁸

“Processus morphologique par lequel les patterns parcellaires changent, ils impliquent généralement une fusion, une subdivision et une troncation des parcelles” (Conzen 2004).

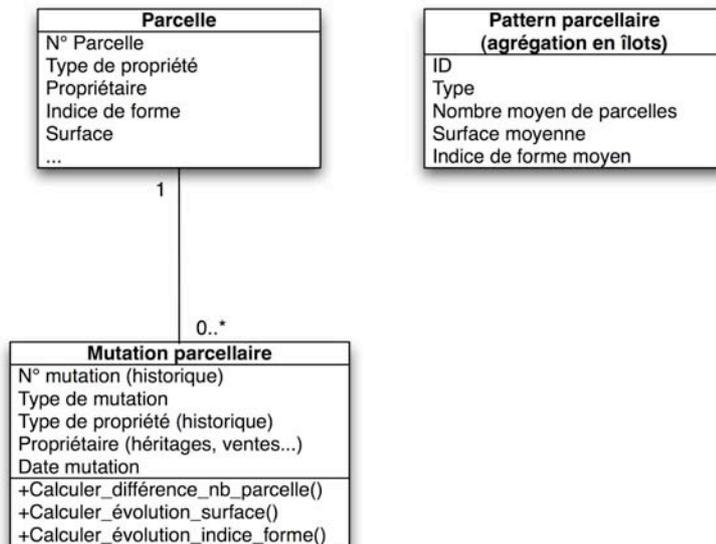


Figure 9.8: Modèle Conceptuel des Données, cas de l'évolution du *pattern* parcellaire.

Les relations entre les différents attributs des différentes classes d'objets sont en effet autant le résultat d'une description des liens formels entre les données, que la conséquence de l'observation des relations spatiales entre les entités constituant de la forme urbaine et pouvant être explicitées de façon formelle.

9.4 Synthèse et conclusions du chapitre: URMOPRO, un point de vue privilégié

L'ontologie des processus morphologiques (URMOPRO) est la synthèse finale que nous avons produite à partir des connaissances décrites ci-dessus et restructurées selon le point de vue que nous avons privilégié. Elle a aussi été implémentée grâce au logiciel *Protégé*, en utilisant les concepts extraits de la 4ème partie du Vocabulaire Morphologique (Gauthiez 2003) et les relations définies ci-avant (cf. figure 9.9).

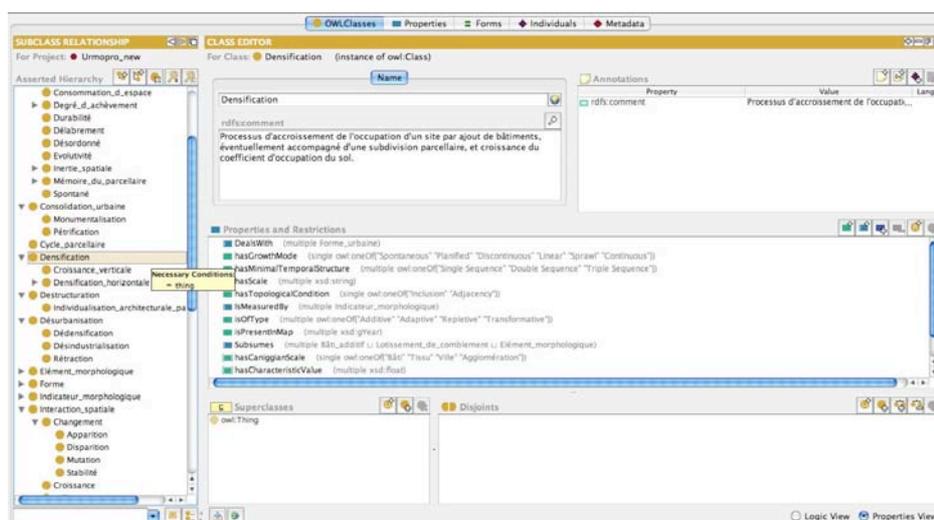


Figure 9.9: URMOPRO, capture d'écran de *Protégé*.

La structure hiérarchique proposée tient donc compte de la double nature du processus morphologique tel que nous l'avons appréhendé, à savoir la part cognitive (catégories et concepts nécessaires à la formalisation des processus morphologiques) et l'instanciation de ces concepts basée sur les données historiques de la Ville de Genève.

Cette formalisation sera utilisée au chapitre suivant pour la caractérisation et pour l'exploration des processus morphologiques. Elle constitue la réponse au premier objectif de notre travail de thèse concernant la réduction et la structuration de la connaissance morphologique et historique. La dernière étape du travail consistera donc à chercher une validation empirique de la structuration proposée, permettant de discriminer les processus à partir de leur part "mesurable" et à associer les configurations spatiales résultant des analyses aux concepts décrits dans la littérature.

V. Exploration des données géo-historiques

“Le futur échappe à toute prévision parce qu’il est incessamment reconfiguré par l’événement.”

Manola Antonioli, *Géophilosophie de Deleuze et Guattari*, 2003, p.30

“L’action .../... est en elle-même complètement fugace ; elle ne laisse jamais un produit final derrière elle. Si jamais elle a des conséquences, celles-ci consistent en général en une nouvelle chaîne infinie d’événements dont l’acteur est tout à fait incapable de connaître ou de commander d’avance l’issue finale.”

Hannah Arendt, *La crise de la culture*, 1972, p.81



10. Caractérisation et exploration des données géo-historiques

10.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons un cas d'étude empirique illustrant les démarches de caractérisation et d'exploration des processus morphologiques. Nous nous sommes intéressés pour cela au processus du cycle de développement parcellaire, qui nous a déjà permis d'illustrer la problématique à plusieurs reprises (cf. Chapitres 2, 3, 5, 6, 7 et 9). Les différentes analyses ont été réalisées sur la base de données *géopatrimoine* du Canton de Genève, présentée en introduction.

Nous montrerons comment, à partir de l'exploration d'un jeu de données partiel existant, nous pouvons esquisser les principes de la caractérisation avant d'appliquer le processus de production de connaissances et d'hypothèses.

Le présent chapitre est structuré de la manière suivante:

- Caractérisation du cycle parcellaire et discussion du problème des données partielles.
- De la caractérisation partielle à la production d'indices: définition des concepts auxiliaires pour l'exploration des données géo-historiques.
- Exploration des composantes du cycle parcellaire: processus de densification et processus de *plot pattern metamorphosis*.

10.2 Caractérisation du cycle parcellaire et discussion du problème des données partielles

La caractérisation du cycle de développement parcellaire se base sur l'étude de l'évolution temporelle de l'occupation du sol au niveau parcellaire. Les indicateurs utilisés pour mesurer l'occupation peuvent être la densité bâtie, l'emprise au sol, etc. Pour les besoins de la démonstration de la pertinence de notre travail, nous avons utilisé l'emprise au sol des bâtiments, car les données disponibles dans la base ne détaillent pas le nombre d'étages et rendent impossible une analyse plus fine de la densité. De plus, la comparabilité à travers le temps des données est aisément assurée en exploitant les valeurs géométriques et moyennant l'hypothèse de la continuité de la propriété foncière.

Nous avons procédé de manière systématique en analysant les différents îlots comparables à travers le temps⁶⁹. Pour des raisons évidentes de disponibilité des données anciennes, nous avons limité cette analyse aux îlots de la vieille ville. Les résultats obtenus correspondent en fait à deux étapes du processus que l'on cherche à mettre en évidence⁷⁰. Par rapport à l'exemple théorique explicité au §2.4, les données ne sont pas suffisantes pour caractériser pleinement le cycle de développement parcellaire. La figure 10.1 illustre la différence du taux d'occupation entre les données du plan Grange et les données actuelles.



⁶⁹

Afin de rendre les îlots comparables, nous avons procédé à leur reconstruction à partir des couches *Bâtiments* et *Parcelles* du plan Grange de la manière suivante: 1° Génération automatique de polygones recouvrants et 2° Correction des polygones résultants par rapport au plan Céard de 1837-1840.

⁷⁰

Données actuelles et données du plan Grange.

Figure 10.1: Cycle de développement parcellaire: différence du taux d'occupation des îlots de la vieille ville.

Nous observons que la majorité des îlots ont subi une dédensification (phase récessive du cycle de développement parcellaire) durant le XXe siècle. Seuls quelques îlots périphériques montrent une stabilité, voire un faible accroissement du taux d'occupation du sol. A partir de ce constat, nous avons cherché d'autres pistes pour combler le déficit d'information. Pour ce faire, nous avons tenté de décrire les processus qui sous-tendent le cycle de développement parcellaire, à savoir: le processus de densification et le processus de *plot pattern metamorphosis* (cf. §9.3). Dès lors, le traitement de la question liée au jeux de données partiels se décline de deux manières différentes selon les données à disposition:

- Exploiter la continuité des données correspondant à la couche *bâtiments* (Bâtiment_Grange et CAD_BATIMENT_HORSOL, cf. §2.5).
- Hypostasier la comparabilité des données parcellaires sur le long terme (Parcellaire_Billon, Parcellaire_Grange et CAD_PARCELLE_MENSU, cf. §2.5).

La figure 10.2 synthétise cette double problématique et montre les hypothèses et les opportunités exploratoires découlant des jeux de données partiels à disposition.

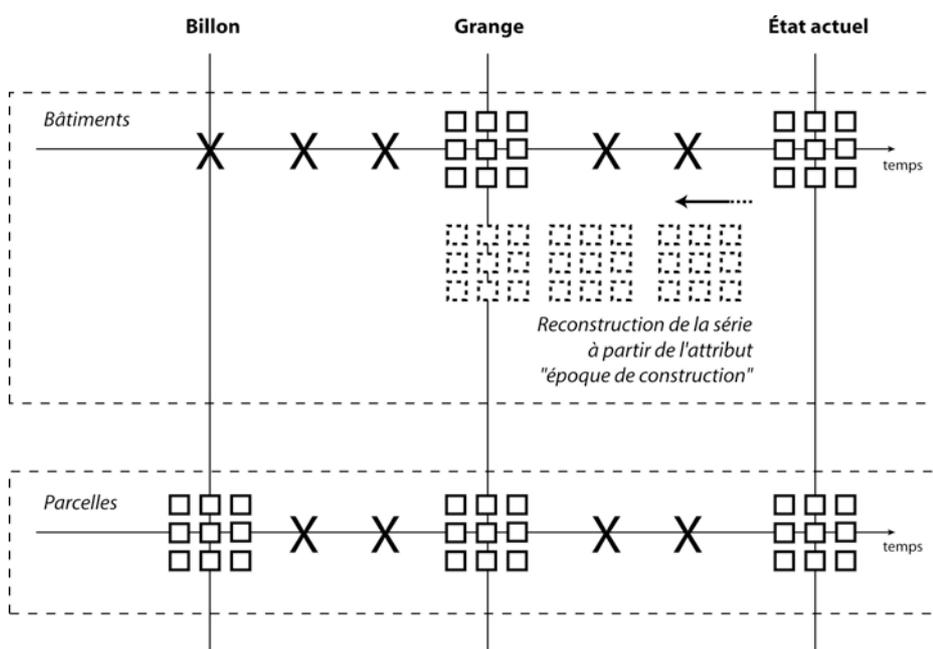


Figure 10.2: Problématique des jeux de données partiels et opportunités exploratoires.

La première peut être résolue en partie en exploitant les informations de l'époque de construction. Nous avons identifié trois limites à une mise en série robuste de ces données: 1° elles sont incompatibles avec les données parcellaires qui n'ont pas d'attribut temporel, 2° seule une partie des données actuelles (environ 50%) possède une valeur d'attribut et 3° le découpage des périodes de construction s'arrête au début du XXe siècle. Par contre, les données actuelles couvrant la totalité du canton, il devient possible d'explorer d'autres configurations au-delà du périmètre de la vieille ville. Nous reviendrons en détail sur ce point au §10.4.1.

La question des données parcellaires est d'une toute autre nature. En effet, seuls trois jeux de données sont disponibles: Billon, Grange et les données actuelles. Dès lors, il n'est pas possible d'imaginer une mise en série robuste de ces données. De plus, les conditions définissant ces découpages parcellaires ne permettent pas de les comparer directement. Nous avons néanmoins choisi d'utiliser leurs caractéristiques géométriques comme une première hypothèse permettant de montrer de façon relative les changements des patterns observables. En d'autres termes, nous ne cherchons pas à caractériser l'évolution de la propriété foncière, mais bien l'évolution de l'empreinte laissée par les différents types d'occupation du sol et qui sont accessibles grâce à une description géométrale. Nous reviendrons en détail sur ce point au §10.4.2.

10.3 De la caractérisation partielle à la production d'indices

Avant d'entamer à proprement parler l'exploration des jeux de données disponibles, il paraît opportun de reprendre ici la discussion à propos de la question des *germes de dissémination* résultant de l'analyse des coupes synchroniques (§6.4). D'une manière générale, le découpage artificiel que nous effectuons entre le processus de densification, d'un côté, et le processus de *plot pattern metamorphosis*, de l'autre, nous renvoie à la question du statut des résidus que nous obtenons à partir d'une caractérisation partielle. Ce statut dépend en fait de la "position relative" des traces entre deux couches d'information successives, représentant le déroulement d'un processus discret. Nous avons identifié trois types de résidus qui sont illustrés à la figure 10.3.

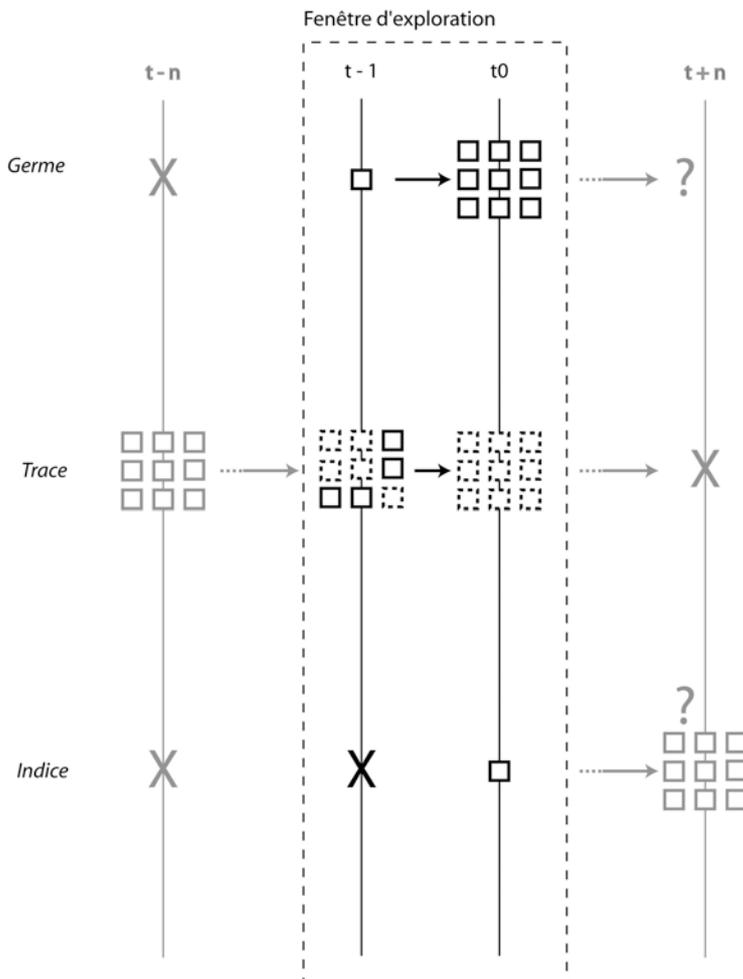


Figure 10.3: Statut ontologique des résidus de l'exploration.

Nous faisons donc la différence entre:

- les formes à un “stade de développement embryonnaire”, qui représentent les *germes*, car elles ne sont pas encore différenciées et peuvent donner lieu à des formes identiques (par diffusion d’un type, par exemple) ou différentes (variantes diachroniques par spécialisation des fonctions, par exemple);
- les *traces*, matérielles ou non (distinction faite entre les restes physiques d’un mur d’enceinte et un alignement permettant d’en déduire la présence passée);
- les *indices*, qui correspondent au premier stade d’émergence d’un processus morphologique.

Nous montrerons l’utilité de cette typologie lors de la discussion des résultats de l’exploration des données *Bâtiments* et *Parcelles* que nous détaillons ci-après.

10.4 Exploration des composantes du cycle parcellaire

Nous présentons ici les résultats de l’exploration des données géo-historiques dans le but de caractériser les composantes du cycle de développement parcellaire:

- Dans le premier cas (§10.4.1), nous examinons différentes instances du processus de densification⁷¹ entre la fin du XIXe siècle et aujourd’hui.
- Dans le deuxième cas (§10.4.2), nous nous intéressons au processus appelé *plot pattern metamorphosis*, observable entre le XVIIIe siècle et aujourd’hui⁷², en partant d’une exploration visuelle par superposition des couches d’information.

10.4.1 Densification - exploration analytique et production d’hypothèses

Le processus de densification défini au §9.3 peut être caractérisé par l’évolution temporelle des indicateurs synchroniques tels que l’emprise au sol des bâtiments ou la surface brute de plancher. Cette évolution est mise en évidence par la mesure de la différence entre deux états consécutifs. Les données mises en série ont été obtenues par décomposition de la couche des bâtiments actuels en fonction de leur époque de construction estimée (cf. figure 10.4).

⁷¹ Sur la base d’une densité bâtie hectométrique.

⁷² Avec un pas de temps d’environ un siècle et demi entre chaque couche d’information.



Figure 10.4: Décomposition de la couche *Bâtiments* par époque de construction.

Nous avons déjà évoqué les limites de cette mise en série (cf. §10.2). Outre les questions de représentativité et de compatibilité, la base de données ne contient aucune information quant aux démolitions ou transformations survenues depuis la fin du XIXe siècle. Elle ne reflète de ce fait que les bâtiments bel et bien présents aujourd'hui. Malgré ces limitations, nous avons exploré le contenu de cette couche d'information afin d'essayer de discriminer l'évolution réelle entre les données de la couche Grange et les données actuelles. Pour ce faire, nous avons pris en considération deux cas de figure différents pour l'analyse empirique:

- La première hypothèse consiste à normaliser l'emprise au sol sur la base d'une grille hectométrique.
- La deuxième hypothèse consiste à calculer les indicateurs sur la base parcellaire.

1ère hypothèse: normalisation des données grâce à la génération d'une grille hectométrique

A partir des données actuelles disponibles, il est possible de montrer en première approximation la décomposition du processus de densification à l'échelle du canton en calculant une densité bâtie hectométrique. Ce travail a été effectué de la manière suivante:

- Structuration des données *Bâtiment* en fonction de leur époque de construction.
- Génération d'une grille hectométrique recouvrant la totalité du territoire genevois.
- Calcul de l'emprise au sol par cellule de 100x100 m².

Les résultats sont illustrés à la figure 10.5.

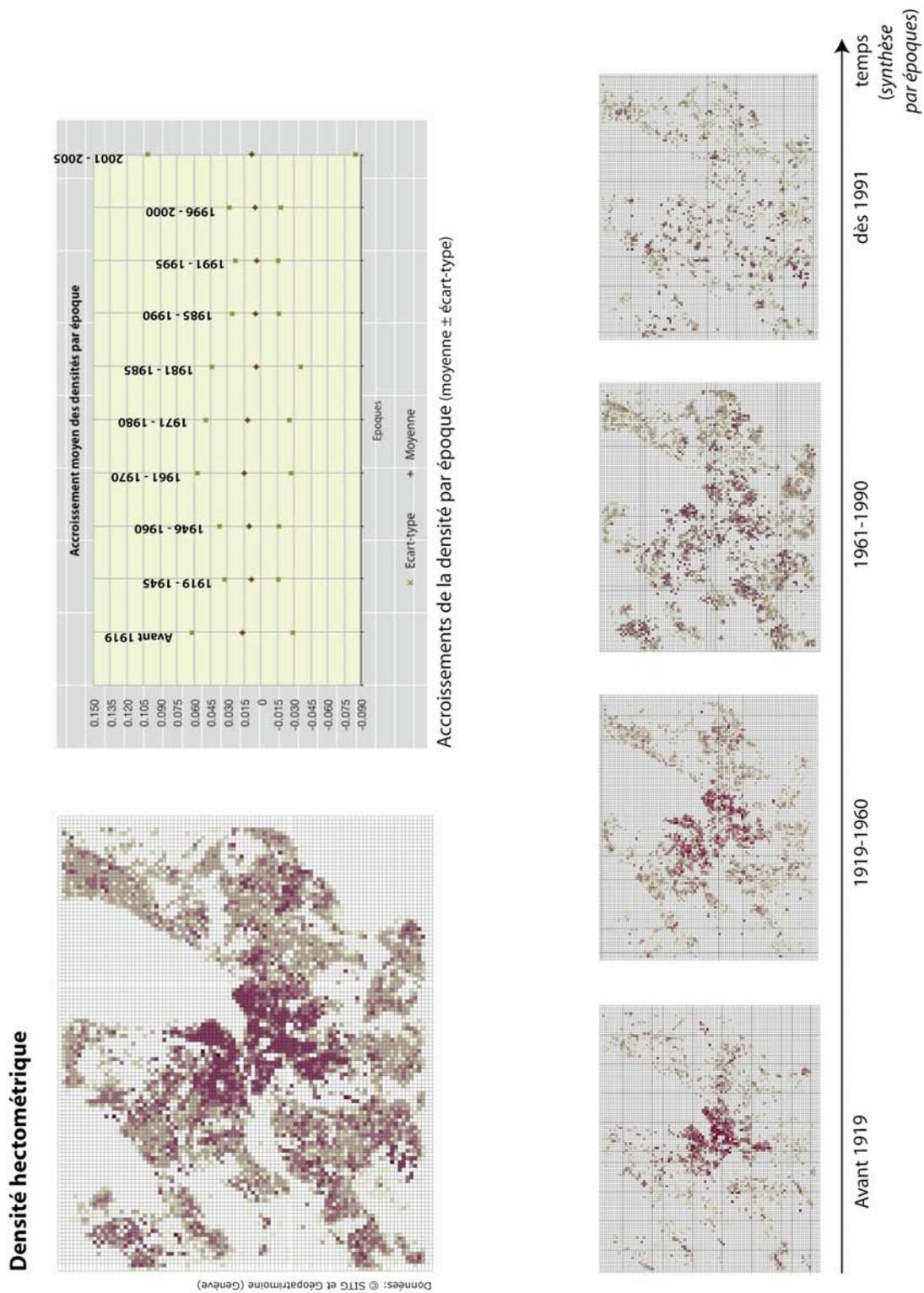


Figure 10.5: Densification hectométrique (synthèse par époques).

La transformation de l'information et sa normalisation (dans notre cas, grâce à la grille hectométrique) permettent, d'une manière générale, d'explorer les données en fixant:

- soit l'échelle spatiale, ce qui permet d'effectuer des analyses diachroniques. Il devient alors possible d'effectuer des analyses comparatives de l'évolution de plusieurs cas de figure différents, par exemple en fonction de leur localisation préférentielle: noyau, couronne, etc. (cf. figures 10.6 et 10.7).
- soit le temps, ce qui permet d'effectuer des analyses synchroniques comparatives (diatopiques) entre des configurations proches (cf. figures 10.8 et 10.9).

Afin d'illustrer le premier cas de figure, nous avons choisi trois secteurs correspondant à des localisations préférentielles: noyau historique, couronne et périphérie. Ces secteurs sont illustrés à la figure suivante.



Figure 10.6: Secteurs choisis pour l'analyse comparative en fonction de la localisation préférentielle.

L'analyse de l'évolution de la densité des ces secteurs permet de montrer une différenciation importante des taux de densification (cf. figure 10.7).

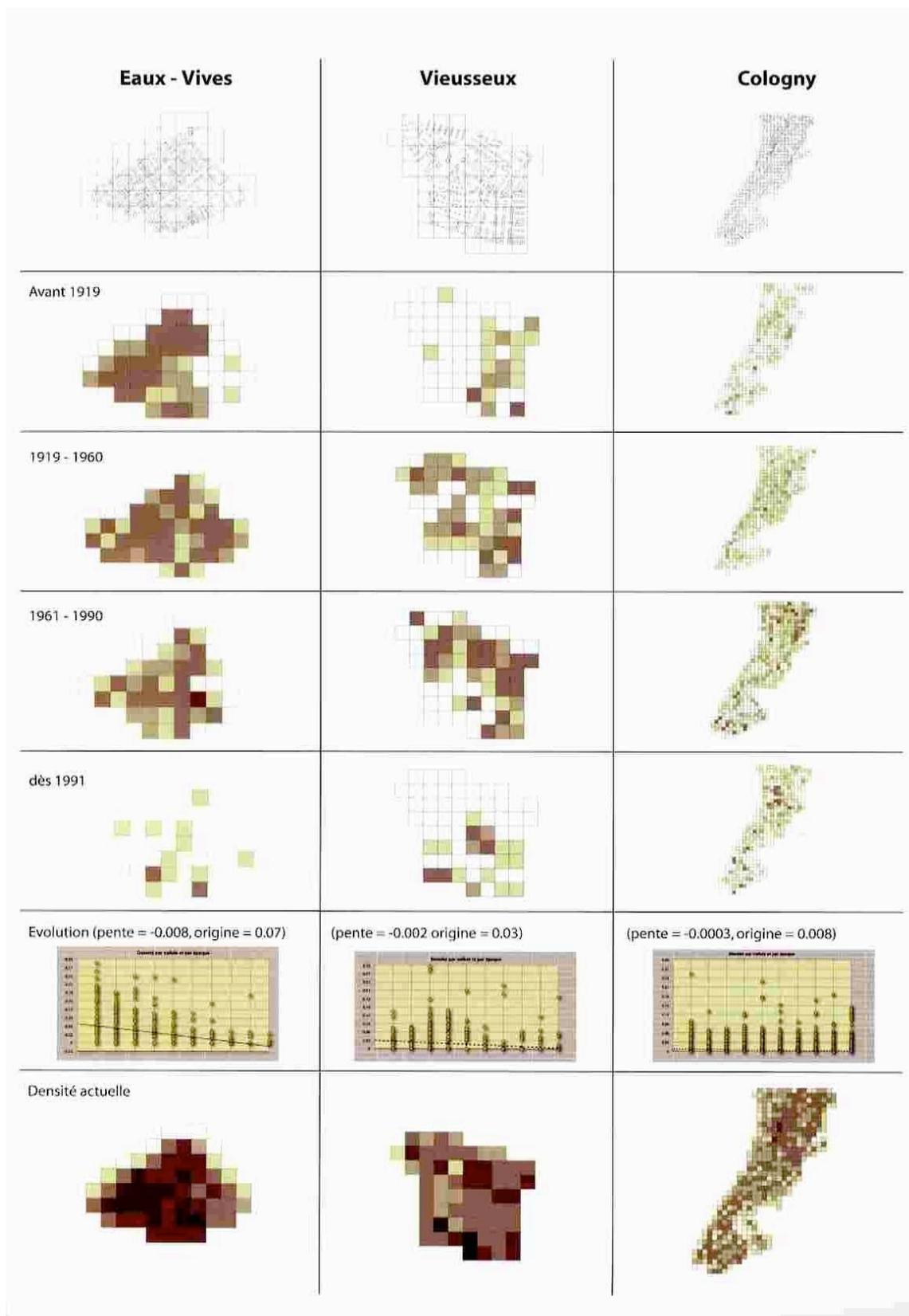


Figure 10.7: Analyse de la densification en fonction de la localisation préférentielle.

Dans cette figure, nous pouvons observer un ralentissement important de la densification du centre-ville (secteur des Eaux-Vives), ce qui indique que le seuil de densité maximum (le *climax* en termes *conzeniens*) a été pratiquement atteint partout avant la fin du XIXe siècle.

En ce qui concerne la première couronne (secteur de Vieusseux), nous observons une activité importante autour du milieu du XXe siècle et un ralentissement depuis 1990 environ.

A contrario, la périphérie (secteur de Cologny) poursuit sa densification progressive et régulière (densités faibles), caractéristique du processus d'étalement urbain.

De plus, dans la première couronne, nous observons deux processus consécutifs: d'une part la densification progressive de la limite entre l'ancien tissu constitué et la nouvelle couronne (entre le début du XXe siècle et 1960) et, d'autre part, la densification le long de la route de Meyrin entre 1961 et 1990. Enfin, nous observons à la périphérie deux noyaux de densification plus importants correspondant à la colline surplombant le lac (entre 1961 et 1990) et au village de Cologny (à partir de 1991).

Outre l'analyse sectorielle, nous nous sommes intéressés à l'analyse synchronique comparative. La figure ci-dessous illustre un exemple de ce type d'analyse.

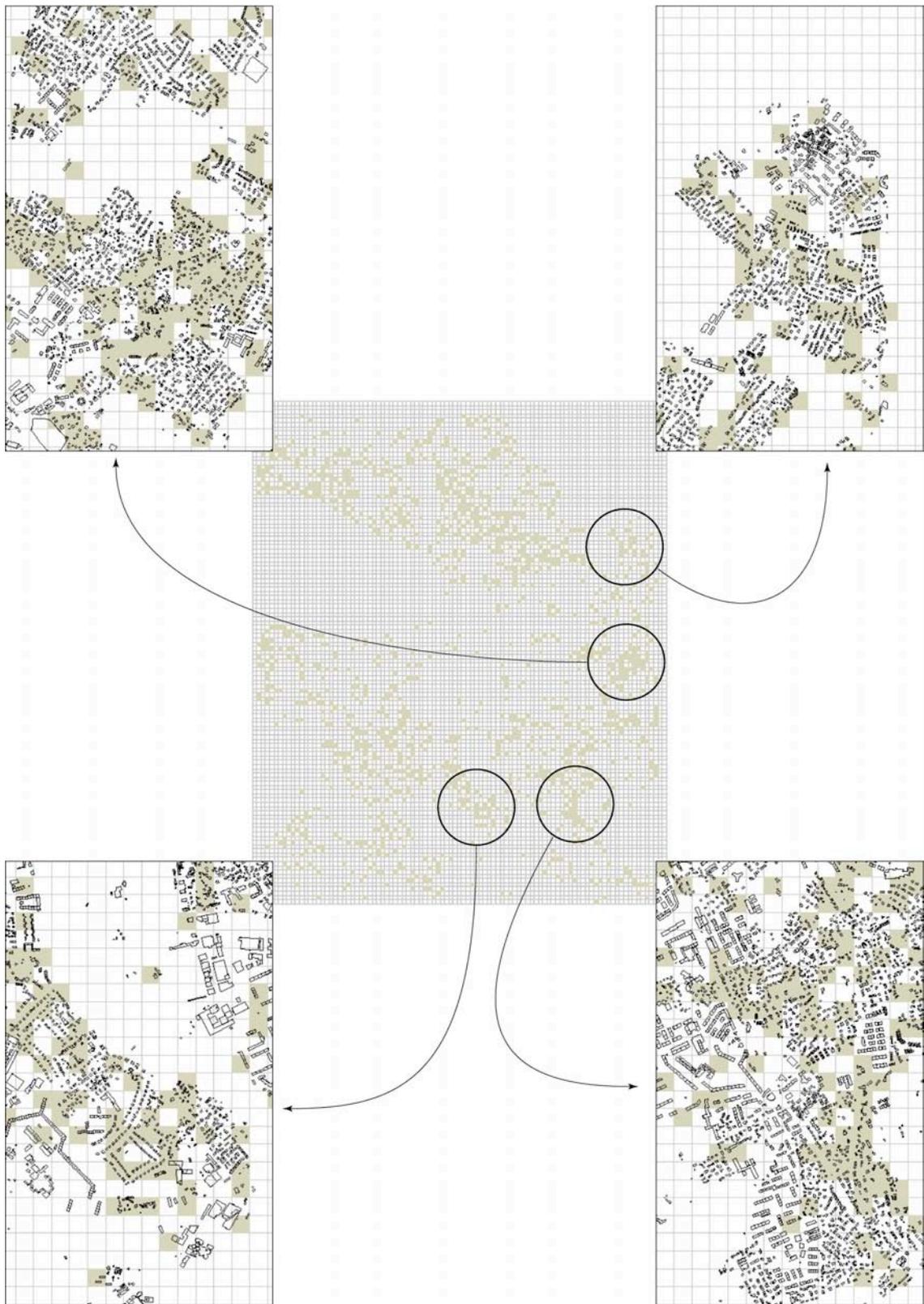


Figure 10.8: Etude comparative des tissus ayant une densité similaire.

Pour une classe particulière de densité et pour une période donnée, il est possible de mettre en évidence des tissus différents. Ainsi, bien que la classification obtenue grâce à la grille hectométrique soit assez grossière, il est possible de montrer la diversité historique des coupes synchroniques.

Toutefois, dès lors que nous cherchons à donner une description détaillée de ces configurations, il est nécessaire de construire d'autres indicateurs incompatibles avec la description simplifiée de la grille hectométrique. Ce changement d'échelle de l'information, passant de la grille hectométrique aux données à l'échelle parcellaire, fait apparaître deux problèmes importants: 1° il n'est pas possible de caractériser les différentes formes identifiées sans les données parcellaires adéquates et 2° le changement d'échelle effectué pour normaliser les données met en évidence un effet M.A.U.P. (cf. §6.2) et des effets de bord indésirables. En effet, la représentativité des classes par rapport à la diversité des formes n'est pas significative. Elle ne permet pas de discriminer les différents cas de figure à partir des données reconstituées. Ainsi, bien que les cartes synchroniques résultantes permettent de montrer qu'il existe un certain nombre de "*hot spots visuels*", où la représentation de la densification relative à l'une ou l'autre période permet de faire ressortir des configurations spatiales intéressantes du point de vue morphologique (cf. figure 10.9), elles ne permettent pas de véritablement caractériser ces formes.

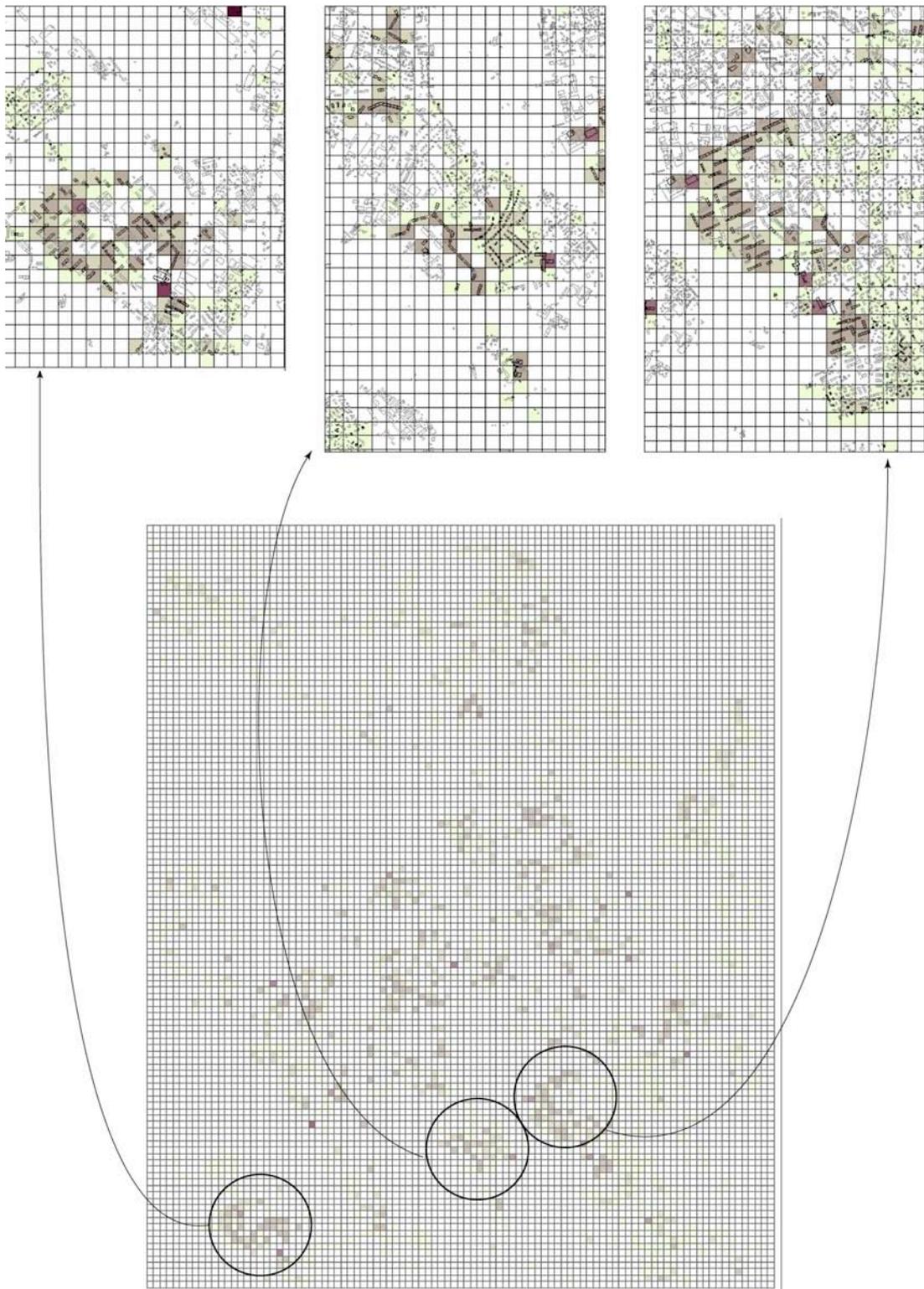


Figure 10.9: *Hot spots* de densification (données 1961 - 1970).

En utilisant la typologie des résidus que nous avons décrite au §10.3, nous pouvons néanmoins interpréter ces centralités émergeant du calcul comme étant une nouvelle étape du processus d'exploration. En effet, ces *hot spots visuels* correspondent aux *germes de dissémination* évoqués au début de ce chapitre et pourraient servir de base pour l'analyse des classes obtenues en tant que *micro-hypothèses*, car ils permettent de spécifier la nature du processus observé (différenciation des configurations). En poussant la réflexion plus loin, l'étude de la diffusion d'un *type* prépondérant et observable à partir d'un *germe* originel permettrait, grâce à l'analyse systématique de ces configurations, de stabiliser ce nouveau concept dans le corpus de connaissances morphologiques développé à partir des sources existantes et ainsi de suite. Le travail exhaustif de mise en évidence du processus de diffusion sortant du cadre de la démonstration de la pertinence de l'approche exploratoire, il n'est pas discuté plus en détail.

2ème hypothèse: discrimination de la grille par l'analyse de l'évolution parcellaire

Nous avons vu ci-dessus que la discrimination de cas proches passe par l'étude de la densification à l'échelle parcellaire. Cette analyse ne peut malheureusement pas être réalisée de façon détaillée à cause du manque de données sur l'évolution de la propriété foncière⁷³. En effet, et contrairement aux bâtiments, les données parcellaires de l'état actuel ne possèdent pas d'attribut temporel permettant de les distribuer sur le long terme. Nous esquissons donc cette démarche au niveau de la vieille ville, en comparant l'évolution entre la fin du XIXe siècle et aujourd'hui, et uniquement afin de montrer les opportunités exploratoires que recèle ce travail à une échelle plus détaillée.

La première étape consiste à mettre en évidence l'évolution de la densité dans le secteur d'étude. Ce travail a été réalisé en utilisant la grille hectométrique pour donner une classification semblable des données du plan Grange (surface bâtie par cellule, cf. figure 10.10)

73

A Genève, la couche regroupant les mutations cadastrales n'existe en format numérique qu'à partir de 2003.

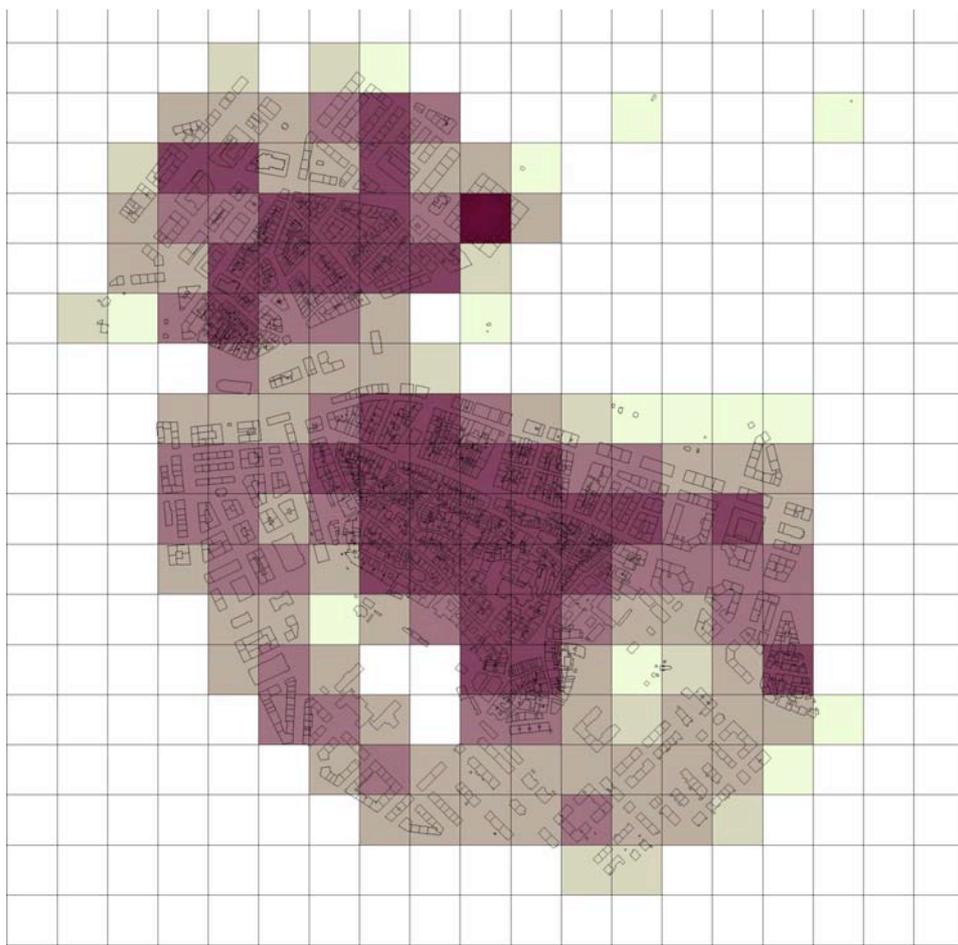


Figure 10.10: Densité hectométrique plan Grange.

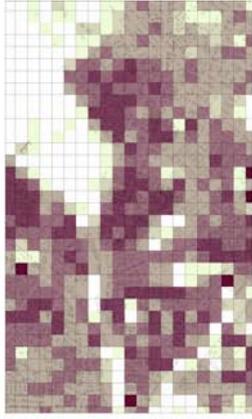
Ensuite, nous nous sommes intéressés aux processus parcellaires sous-jacents. Nous avons pu discriminer les instances du processus de densification correspondant à la définition donnée par Gauthiez (2003) (cf. §9.3), à savoir les secteurs montrant un accroissement de la densité accompagné d'une subdivision parcellaire. Toutefois, et malgré cette définition étroite, nous avons vu que les résultats obtenus pouvaient être séparés en trois cas distincts, considérés désormais comme de nouvelles micro-hypothèses pour poursuivre l'exploration d'autres données (cf. figure 10.11).

Plan Grange	Etat actuel	Evolution parcellaire (processus secondaire)	Micro-hypothèses
		Subdivision	Transformation des bastions en surfaces constructibles?
		Stabilité (tissu constitué)	Consolidation urbaine?
		Fusion	Différenciation du tissu (nouvelles activités spécialisées)?

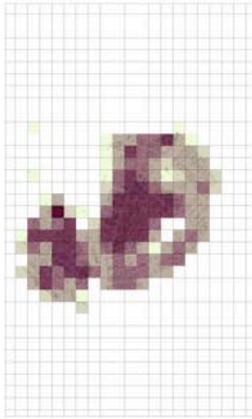
Figure 10.11: Micro-hypothèses induites à partir de la caractérisation partielle du processus de densification.

Ainsi, en comparant les densités entre le plan Grange et l'état actuel, nous pouvons montrer que la déstructuration systématique du tissu entre les XIXe et XXe siècles correspond à une dédensification du centre ville, corroborant ainsi l'idée d'un cycle parcellaire ayant atteint son climax avant la fin du XIXe siècle.

Etat actuel



Plan Grange

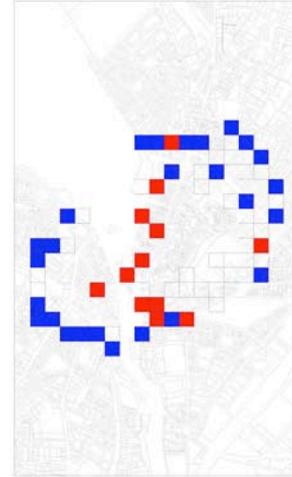
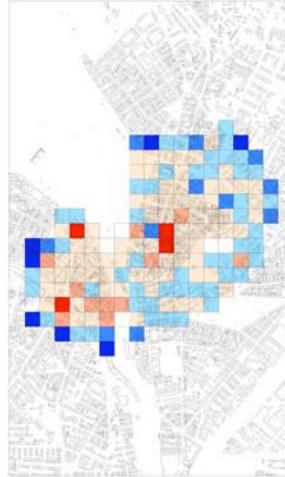


Densité

Evolution de la densité

Densification
Plan Grange vs. Etat actuel

0.35 to 0.7	Blue
0.17 to 0.35	Light Blue
0	White
-0.17 to 0	Light Orange
0.35 to 0.7	Orange
-0.17 to -0.35	Red



Classification en fonction
de la subdivision parcellaire

En rouge fusion parcellaire
En bleu subdivision parcellaire

Figure 10.12: Analyse comparative de la densification du centre ville en fonction de l'évolution du nombre de parcelles (subdivision vs. fusion).

Nous observons aussi un fort effet de bord. Les secteurs montrant un accroissement de la densité depuis la fin du XIXe siècle (cf. figure 10.12) correspondent bien à la définition donnée par Gauthiez, mais cet accroissement est aussi principalement dû aux approximations liées à la généralisation de la grille hectométrique. En effet, en poussant le raisonnement plus loin, nous remarquons qu'il existe en théorie neuf cas distincts de densification (en fonction de l'accroissement, la stabilité ou la diminution de la densité et de la subdivision, la stabilité ou la fusion du parcellaire), dont 6 seulement sont présents dans la base de données géo-historique de Genève⁷⁴ (cf. figure 10.13).



Figure 10.13: Identification des instances en fonction de la variation de la densité et du processus parcellaire sous-jacent.

74

Aucune instance correspondant à une stabilité de la densité n'a pu être mise en évidence de manière convaincante.

En étudiant la répartition des résultats à une échelle supérieure, il a été possible de montrer que le noyau historique a principalement fait l'objet d'une dédensification par réduction de l'emprise au sol, accompagnée d'une fusion parcellaire. Toutefois, les cartes résultantes montrent aussi, et assez clairement, l'effet de bord dû aux jeux de données partiels, notamment en ce qui concerne l'accroissement de la densité, situé pour l'essentiel sur le tracé des Bastions et le long des Rues Basses (figure 10.14).

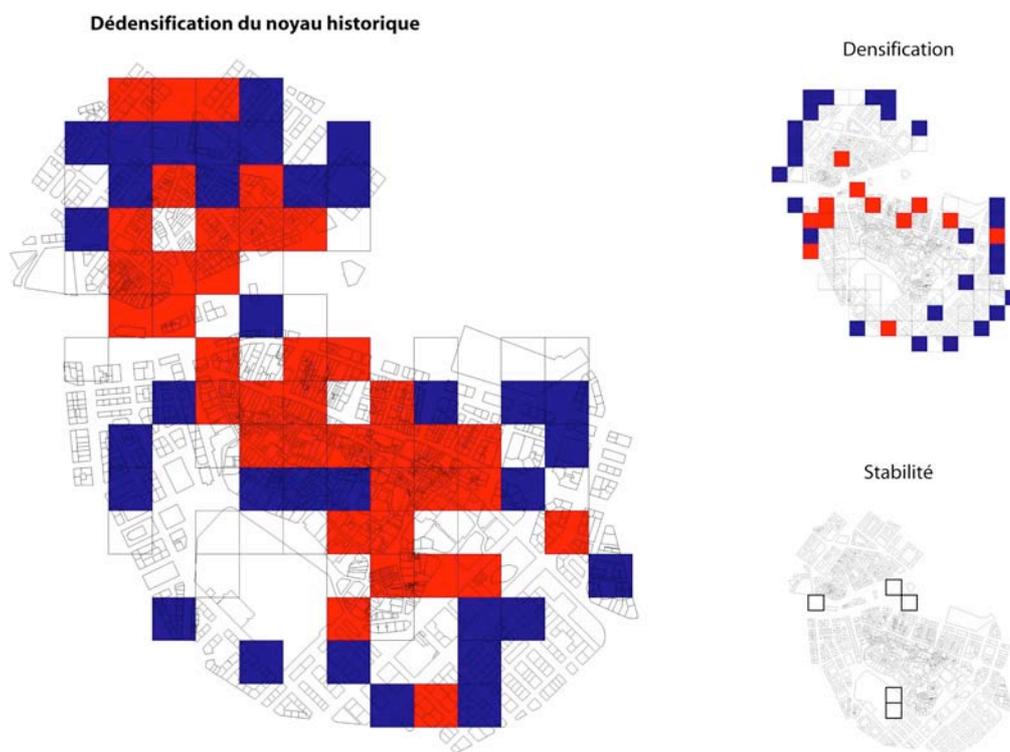


Figure 10.14: Mise en évidence de la dédensification du noyau historique et des effets de bord (jeux de données partiels).

Enfin, une analyse plus détaillée (par exemple, sur la base d'une grille 10m x 10m et avec des données historiques plus fournies) permettrait d'affiner ce résultat en définissant des *morphotopes* (Conzen 2004), puis une agrégation en *unités de plan* (Conzen 1969) par *clustering* des résultats. De même, si l'on considère les séries temporelles de densification, dédensification, etc., de nouvelles hypothèses pourraient être envisagées, montrant la complexité du processus de densification "réel" à travers l'histoire. Nous ne disposons cependant pas des données nécessaires à la validation de telles hypothèses, mais les résultats obtenus correspondent bien à la définition que nous avons donnée des *traces* permettant de confirmer la présence d'éléments influençant l'évolution continue de la densité.

Synthèse

Les premières analyses réalisées pour les besoins de notre démonstration montrent que la densification au cours du XXe siècle s'est poursuivie de façon fortement différenciée à Genève. Les résultats obtenus montrent en effet une dispersion importante pour chacune des époques ainsi qu'une dissémination progressive à partir de la ville-centre et de quelques noyaux secondaires (notamment en périphérie, par exemple Coligny). Cet étalement a été par ailleurs contre-carré en partie entre 1960 et 1980 par un pic de développement observé en périphérie; ces développements correspondent en fait aux deux seules opérations de grande envergure durant le XXe siècle (cités satellites de Meyrin et Onex). L'identification de *hot spots visuels* et leur interprétation en tant que *germes de dissémination* montre la pertinence de la typologie proposée pour la classification des résultats de la caractérisation partielle.

De même, l'analyse détaillée de la vieille ville a permis de mettre en évidence trois types de densification en fonction des transformations du *pattern* parcellaire, dont un seul correspond à la définition donnée par Gauthiez et utilisée pour la création de l'ontologie. Deux autres cas d'accroissement de la densité avec diminution du nombre de parcelles (fusions successives) ou sans évolution de ce nombre (restructurations parcellaires) peuvent être observés dans le tissu de la vieille ville. Ces résultats peuvent être interprétés par ailleurs comme une émergence conceptuelle, ou *traces*, du point de vue de la classification proposée (sous-catégories conceptuelles de la notion de densification) et constituent le premier enrichissement de l'ontologie produit par l'approche proposée (cf. §11.4).

Enfin, outre la discussion propre aux résultats obtenus du point de vue de la caractérisation du processus de densification à Genève, ce sont principalement les perspectives qu'ouvrent ces résultats pour l'exploration qui nous intéressent ici. En ce sens, il est important de signaler que la normalisation des données grâce à la génération d'une grille hectométrique met clairement en évidence l'effet M.A.U.P. discuté au §6.2 et les effets de bord dus aux jeux de données partiels.

10.4.2 *Plot pattern metamorphosis* - exploration visuelle et production d'hypothèses

Le processus de *plot pattern metamorphosis* défini au §9.3 peut être caractérisé par l'évolution temporelle des indicateurs de forme parcellaire et du nombre de parcelles (fusion, subdivision et restructuration, cf. 10.4.1). En effectuant une agrégation des résultats pour caractériser les différents îlots de la vieille ville, il est possible de montrer quantitativement l'évolution des configurations géométriques (partitions cadastrales) correspondant à des périodes historiques différentes.

Avant de procéder à cette caractérisation quantitative, nous avons d'abord procédé à une analyse visuelle de l'évolution du *pattern* parcellaire par superposition et par transparence des couches d'information extraites des plans Billon (1726-1728) et Grange (1896-1911). Cette démarche préliminaire nous a permis de mettre en évidence un certain nombre d'hypothèses distinctes à partir de l'observation des différences du *pattern* parcellaire (cf. figure 10.15).



Figure 10.15: Identification par transparence des transformations du *pattern* parcellaire genevois entre les XVIIIe et XIXe siècles.

En affinant ces premiers constats, nous pouvons décrire les processus secondaires qui semblent déterminer les transformations observées ainsi que les hypothèses explicatives y relatives (cf. figure 10.16).

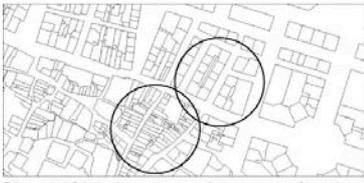
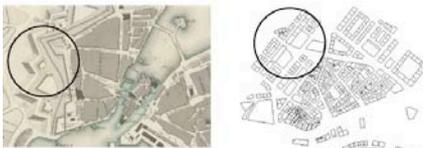
Exemples	Observations	Processus secondaires	Hypothèses
 Plot pattern metamorphosis	Evolution des catégories fondamentales (système parcellaire)	Fusion Scission Redistribution	Distribution régulière du nombre et de la taille du système parcellaire par période
 Diversité historique et coexistence synchronique	Différents <i>patterns</i> parcellaires observés à la même époque	Diffusion d'un nouveau <i>pattern</i> parcellaire vs. permanence de l'ancien	Coexistence des configurations spatiales historiquement connotées
 Développement d'une <i>fringe belt</i>	Effacement du mur d'enceinte // Apparition de <i>residential integuments</i>	Création et subdivision parcellaire	Invention d'un nouveau <i>pattern</i> parcellaire

Figure 10.16: Production d'hypothèses à partir des résultats de l'exploration visuelle.

La superposition des couches permet de mettre en évidence différentes configurations à partir de la subdivision parcellaire: percement et élargissement de la voirie, transformation du parcellaire d'angle (orientation par rapport au système viaire) et effacement parcellaire. Parmi ces différents cas, nous distinguons ceux pouvant être caractérisés numériquement (restructuration parcellaire, percements et élargissements de la voirie) de ceux ne pouvant pas être caractérisés selon cette démarche (par exemple, effacement du *pattern* parcellaire⁷⁵, cf. figure 10.17).

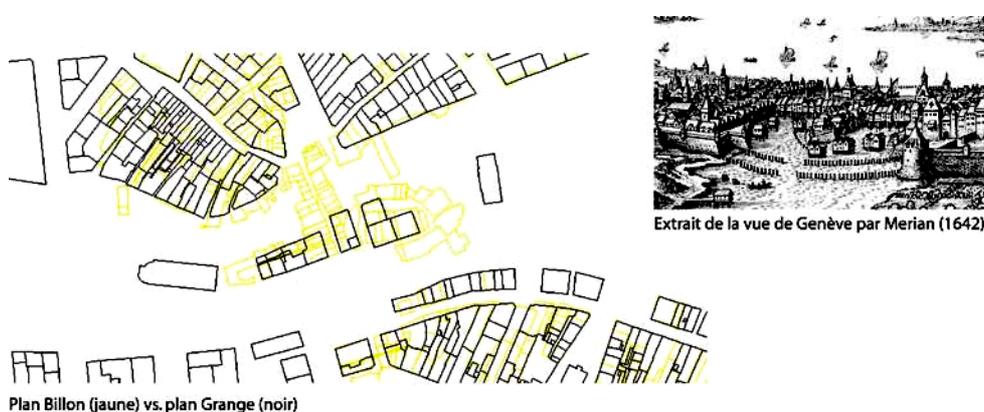


Figure 10.17: Processus d'effacement parcellaire: cas d'un pont bâti.

⁷⁵

Nous reviendrons en conclusion de cette section sur ce cas particulier.

Caractérisation

Afin de caractériser le processus de *plot pattern metamorphosis*, nous avons utilisé un indice de forme (asymétrie, A_p), défini par le rapport entre la longueur du petit axe (n) et du grand axe (m) du rectangle circonscrivant la parcelle. L'asymétrie ($A_p=1-(n/m)$) correspond ainsi au rapport largeur/profondeur des parcelles communément utilisé en morphologie urbaine pour caractériser le parcellaire médiéval (Slater 1999). La figure 10.18 illustre cette mesure pour le parcellaire extrait du plan Billon de Genève.



Figure 10.18: Indicateur de forme parcellaire: asymétrie (plan Billon).

A l'inverse de la densification, où le changement d'échelle pour la discrimination des différents cas du même processus va de la grille vers l'échelle parcellaire (désagrégation de l'information), l'échelle pertinente pour l'exploration des processus parcellaires reste bien évidemment la parcelle. Or, la parcelle représente le niveau le plus élémentaire, ou grain, de l'information morphologique disponible (Vernez Moudon 2002). L'exploration peut être désormais orientée vers une agrégation des résultats afin d'identifier des configurations similaires (par *clustering*), à la fois significatives d'un point de vue statistique et nécessitant une validation du point de vue historique. Les *clusters* de la figure 10.19 ont été mis en évidence en utilisant le logiciel d'analyse spatiale *GeoDa*, grâce à l'analyse d'autocorrélation locale⁷⁶ de l'indice d'asymétrie préalablement calculé.

⁷⁶ LISA : *local indicators of spatial association* (Anselin 1995).

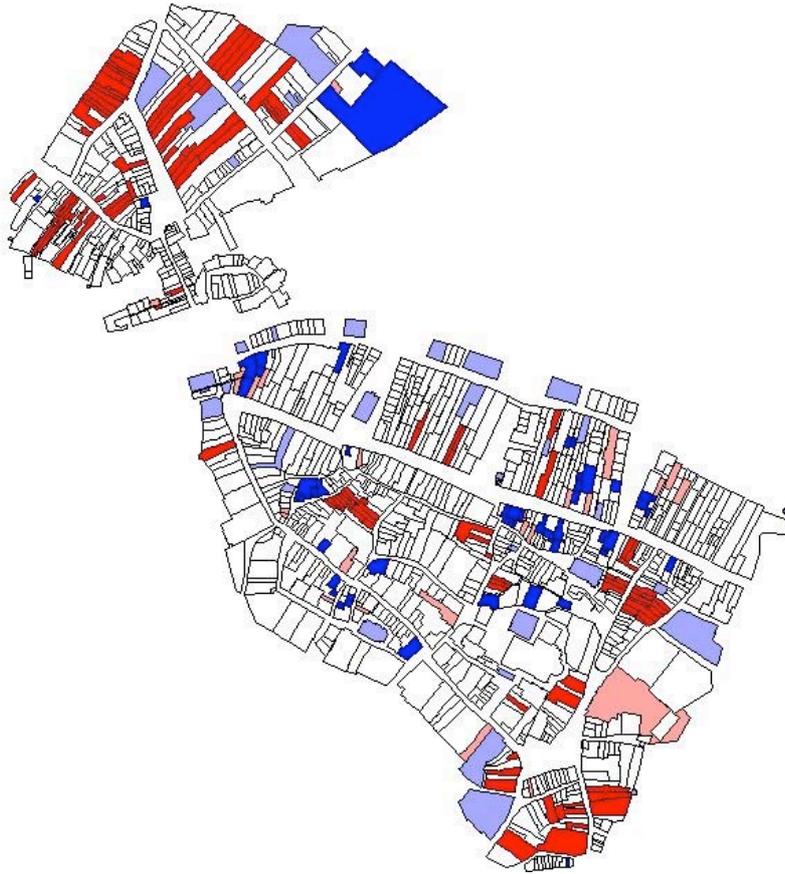


Figure 10.19: *Clusters* résultants de l'exploration du processus de métamorphose parcellaire (plan Billon).

Nous observons que seuls quelques îlots présentent une forte autocorrélation locale. Les *hot spots* résultants peuvent dès lors être utilisés pour une exploration plus détaillée. Ces observations induisent un nouveau round d'exploration désormais ciblé sur les *clusters* ainsi mis en évidence, et ne nécessitant pas une nouvelle acquisition de données.

Ainsi, à partir des *clusters* obtenus, nous avons choisi d'étudier de façon plus détaillée trois îlots à St-Gervais (rive droite) et quatre à la Cité (rive gauche) afin de montrer les différences de développement existant entre ces deux secteurs séparés par le Rhône (cf. figures 10.20, 10.21 et tableau 10.1).

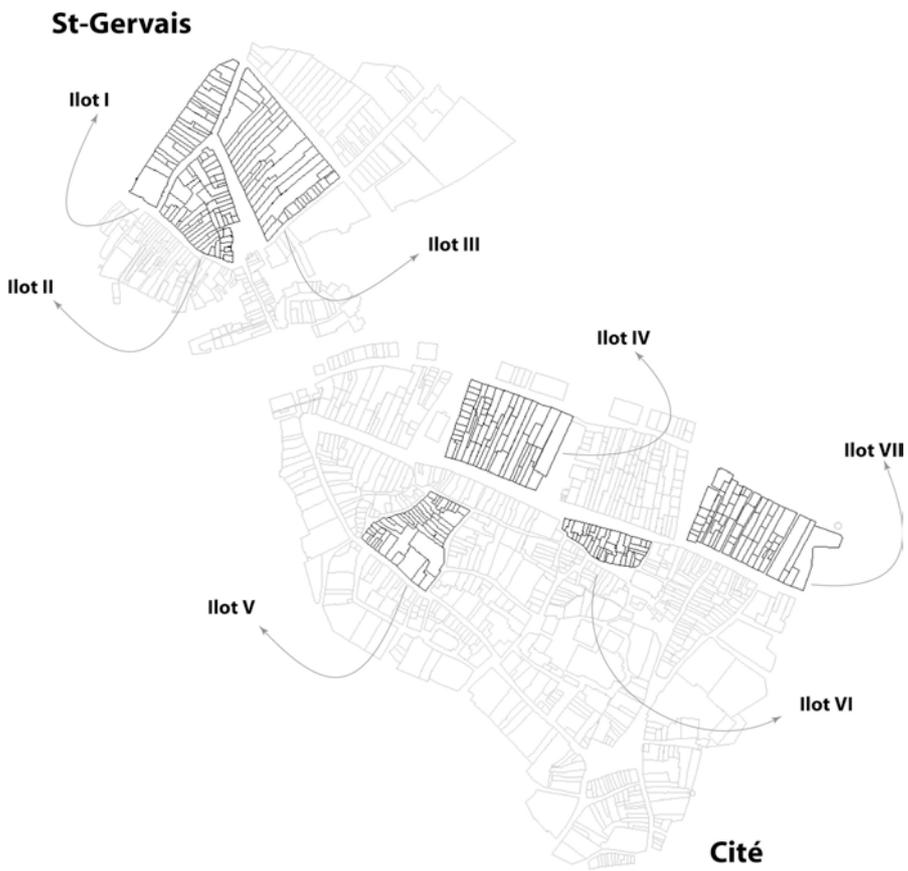


Figure 10.20: Ilots choisis pour l'analyse comparative entre la Cité et St-Gervais par époque (Billon, Grange et état actuel).

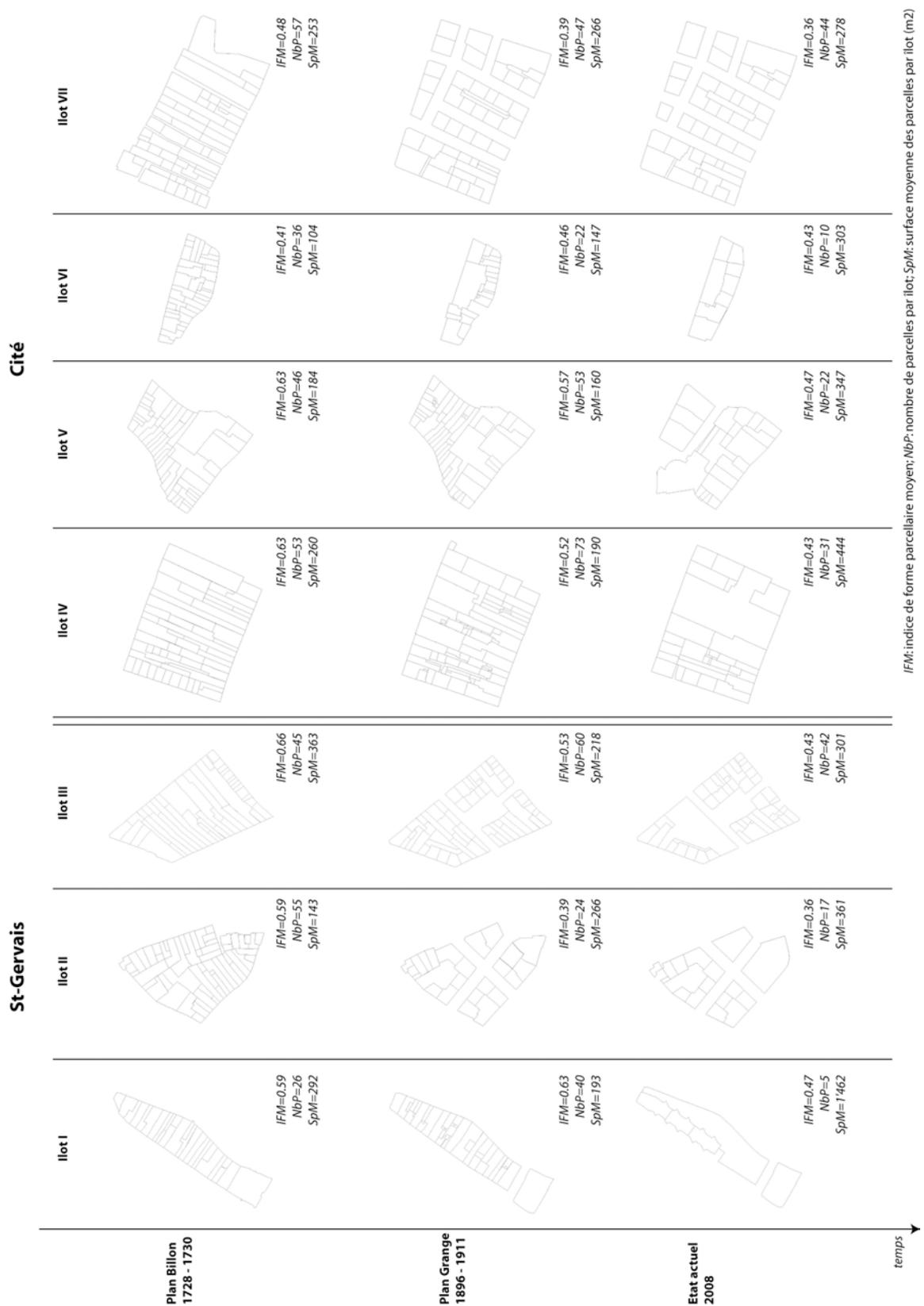


Figure 10.21: Analyse comparative d'îlots caractéristiques par époque (Billon, Grange et état actuel).

	Indice forme moyen des parcelles	Nb parcelles	Surface moyenne des parcelles	Superficie totale (approximation)	Différence nombre de parcelles	Action sur les parcelles	Différence superficie parcelles privées	Espace public
Plan Billon								
St-Gervais								
îlot I	0.59	26	292	7592				
îlot II	0.59	55	143	7865				
îlot III	0.66	45	363	16335				
Cité								
îlot IV	0.63	53	260	13780				
îlot V	0.63	46	184	8464				
îlot VI	0.41	36	104	3744				
îlot VII	0.48	57	254	14478				
Plan Grange								
St-Gervais								
îlot I	0.63	40	193	7720	14 Subdivision+		128	
îlot II	0.39	24	266	6384	-31 Fusion++		-1481 Rues	
îlot III	0.53	60	218	13080	15 Subdivision+		-3255 Place Grenus + rue	
Cité								
îlot IV	0.52	73	190	13870	20 Subdivision+		90	
îlot V	0.57	53	160	8480	7 Subdivision		16	
îlot VI	0.46	22	147	3234	-14 Fusion+		-510 Place ??	
îlot VII	0.39	47	266	12502	-10 Fusion+création		-1976 Rues et correction alignement au nord	
Etat actuel								
St-Gervais								
îlot I	0.47	5	1462	7310	-35 Fusion++		-410 Correction alignement + cession DP	
îlot II	0.36	17	361	6137	-7 Fusion+		-247 Correction alignement	
îlot III	0.43	42	301	12642	-18 Fusion+		-438 Dents creuses??	
Cité								
îlot IV	0.43	31	444	13764	-42 Fusion++		-106 Cul-de-sac	
îlot V	0.47	22	347	7634	-31 Fusion++		-846 Rues	
îlot VI	0.43	10	303	3030	-12 Fusion+		-204 Correction alignement	
îlot VII	0.36	44	278	12232	-3 Fusion		-270 Cour intérieure	

Tableau 10.1: Analyse comparative par époque d'îlots caractéristiques de la vieille ville de Genève (Billon, Grange et état actuel).

Dans un premier temps (plans Billon et Grange), nous observons que la restructuration parcellaire consiste en une série de percements de rue et de dégagements de l'espace public; ensuite (plans Grange et état actuel), nous observons une normalisation des formes parcellaires avec un coefficient de forme moyen de 0.42, ce qui correspond à des parcelles rectangulaires au rapport largeur/profondeur de 1:1,8, assez éloigné des valeurs moyennes du parcellaire hérité du Moyen-Âge ($A_p=0.61$ à St-Gervais, soit un rapport largeur/profondeur de 1:2,6; et $A_p=0.54$ à la Cité, soit un rapport largeur/profondeur de 1:2,2).

Nous observons aussi une dispersion importante des résultats obtenus à partir des données extraites du plan Billon, bien que les *patterns* parcellaires hérités du Moyen-Âge montrent une certaine homogénéité visuelle (parcellaire en lanières) et une bonne autocorrélation spatiale globale⁷⁷. Les fusions progressives, les percements et les corrections d'alignement observés à partir de la fin du XIXe siècle donnent par contre des îlots de plus en plus réguliers, tant au niveau des rues basses qu'à St-Gervais. A la Cité, par contre, nous observons une plus grande inertie du tracé médiéval.

Synthèse

L'indicateur d'asymétrie proposé semble pertinent pour la caractérisation des modifications du *pattern* parcellaire. En effet, avec davantage de données (notamment pour les périodes intermédiaires et en acquérant des données sur l'usage du sol), il serait sans doute possible d'atteindre un bon niveau de caractérisation de l'évolution réelle des formes parcellaires, avec à la clef une caractérisation robuste des îlots-types de Genève. Le pas de temps entre les couches d'information disponibles étant beaucoup trop important, il n'est possible de proposer qu'une caractérisation partielle mettant en évidence des *indices* (cf. §10.3) du processus sous-tendant le cycle de développement parcellaire. L'analyse visuelle des résultats obtenus a cependant permis de faire émerger un certain nombre d'hypothèses quant aux mécanismes de transformation du *pattern* parcellaire.

Enfin, dans le cas de l'effacement parcellaire, d'autres informations sont nécessaires pour mettre en évidence l'événement dont il découle. En étudiant attentivement les cartes de Genève datant d'avant le milieu du XIXe siècle, nous observons qu'il existait une structure bâtie correspondant au parcellaire Billon effacé. Il s'agit en fait d'un *pont bâti*, forme urbaine héritée du Moyen-Âge et complètement disparue aujourd'hui à Genève. Or, la disparition de ces formes si particulières est souvent due à un incendie ou à la réglementation qui en a suivi. Cette observation nous indique donc un axe de recherche potentiellement intéressant pour l'enrichissement des connaissances sur l'évolution des formes urbaines et qu'il s'agirait de confirmer par d'autres sources historiques. Ainsi, bien que cette forme n'existe plus dans le tissu actuel, il est possible d'en reconstituer le concept dans l'ontologie et de proposer une première caractérisation du processus d'effacement à partir de ses *indices* (cf. 11.4).

⁷⁷

Calculée sur la statistique de Moran (Anselin 1995).

10.5 Synthèse et conclusions du chapitre

Lorsque les données ne sont pas suffisantes pour permettre une caractérisation complète d'un processus, deux options sont possibles: soit nous procédons à une nouvelle acquisition de données à partir des sources d'archives et complétons la base de données existante afin de valider le modèle d'un point de vue empirique; soit, si de telles sources n'existent pas ou si nous favorisons l'exploration des données existantes bien qu'incomplètes (c'est notre choix ici), nous nous écartons du paradigme d'exhaustivité de la recherche quantitative (cf. §4.3).

En faisant ce dernier choix, nous cherchons en fait à montrer que la démarche exploratoire, appliquée à un corpus de données géo-historique incomplet, nous permet de structurer les résidus de la caractérisation et, partant de là, de créer un lien fort entre une posture relativiste, comme celle du paradigme indiciare, avec les outils d'analyse quantitative. Ce choix implique par ailleurs l'étude au cas par cas des faits surprenants (cf. §5.2), dans le but de rechercher des processus émergents. Les résidus peuvent être, par exemple: les valeurs aberrantes d'un point de vue statistique, celles ne répondant pas aux conditions topologiques des classes principales ("trous" dans le cadastre), ou encore les éléments isolés mis en évidence grâce aux outils d'analyse spatiale (parcelles-îlots, par exemple), etc. Ces résultats *hors rang* peuvent être considérés comme du *bruit sémantique*, c'est-à-dire des informations ne permettant pas de déduire une interprétation du fait de leur manque de régularité statistique, ou comme des traces alimentant notre modèle d'interprétation.

Dès lors, la question qui nous occupe concerne davantage la répartition spatiale de ces faits surprenants afin de produire de nouvelles hypothèses quant à une éventuelle distribution systématique (tissu de colonisation?) ou encore une généralisation de la fossilisation de certaines structures préexistantes (monumentalisation?). Ainsi, en étudiant ces configurations non caractérisables en première instance, nous pouvons proposer des clés d'interprétation qui nécessitent des analyses complémentaires et, a fortiori, de nouvelles données, pour pouvoir être validées. Or, outre la question de la validation historique par d'autres sources, les conjectures proposées montrent surtout la pertinence de notre démarche exploratoire comme outil de repérage des cas singuliers, c'est-à-dire irréductibles à une analyse basée sur le seul repérage des régularités statistiques.

Tous ces éléments sont, du point de vue du processus interprétatif, des indices au sens de Peirce, car ils permettent de cadrer les événements déterminants du processus morphologique dans l'espace et le temps (Everaert-Desmedt 1990). Ils servent ainsi de référence pour la production d'hypothèses d'exploration, mais ne sont pas porteurs de signification en tant que tels. Nous reviendrons sur les conditions de l'émergence conceptuelle, lorsque nous mettrons en perspective la démarche exploratoire du point de vue cognitif (cf. §11.4). En effet, nous proposerons au chapitre suivant une systématisation possible de la démarche de caractérisation/exploration et la mettrons en perspective du point de vue morphologique et du point de vue du processus de production de connaissances.

11. Proposition de systématisation et mise en perspective de la démarche exploratoire du point de vue morphologique et cognitif

11.1 Introduction

Au chapitre précédent, nous avons vu que les résultats obtenus ne permettaient pas forcément de déduire une interprétation univoque du point de vue morphologique ou historique. Par contre, cette caractérisation partielle, entendue en tant que faisceau de *micro-hypothèses* à partir desquelles d'autres configurations peuvent être mises en évidence, nous a permis d'illustrer le potentiel qu'offrent les systèmes d'information géographique pour l'exploration des processus morphologiques urbains.

Nous proposons ici une synthèse des principes d'exploration systématique des données et les mettons en perspective par rapport à la méthodologie de la morphologie urbaine, d'une part, et au processus d'enrichissement sémantique de l'ontologie, d'autre part.

Cette démarche exploratoire se définit comme une séquence de divers traitements de l'information et de production de connaissance, sa systématisation consistant à expliciter les étapes permettant de passer d'un niveau d'abstraction au suivant et ainsi de suite jusqu'à l'enrichissement de l'ontologie. En effet, et conformément à la théorie des types logiques qui les définit (cf. §5.3), le passage des données (*individus*) aux indicateurs (*propositions de premier ordre*), puis des indicateurs à la caractérisation des processus (par composition, changement d'échelle, changement de définition, etc. - *propositions d'ordre n*), sont soutenus par quelques principes que nous avons pu relever tout au long de l'étude empirique des données géo-historiques.

11.2 Systématisation de la démarche de caractérisation et d'exploration

La démarche proposée est une combinaison des approches *top-down* et *bottom-up* proposées au §7.4. Bien que la démarche d'ensemble ne puisse être découpée exactement en deux parties distinctes: l'une purement analytique et l'autre purement exploratoire, nous avons choisi de les séparer artificiellement, afin de rendre plus explicites les mécanismes de production d'hypothèses de chacune d'entre elles.

Ainsi, dans un premier temps, nous avons cherché à traduire une série de concepts (ontologie) à travers leur instanciation dans la base de données géo-historique genevoise (approche *top-down*), puis à enrichir la base de connaissances grâce à la mise en correspondance entre les idées et les faits. Ce travail est explicité au §11.2.1.

Ensuite, nous avons montré que les données à disposition ne permettaient de proposer qu'une caractérisation partielle du cycle de développement parcellaire. Dès lors, les résultats obtenus ont servi à produire d'autres hypothèses, qui ont à leur tour servi de base à une exploration des données afin de mettre en évidence des processus plus élémentaires, mais ayant montré une grande richesse pour la compréhension de l'évolution du tissu bâti genevois. Cette caractérisation partielle et les principes de l'abduction décrits au §5.2 nous ont permis de systématiser le processus d'exploration des données géo-historiques. Ce travail est explicité au §11.2.2.

11.2.1 Caractérisation des concepts et peuplement de l'ontologie

Le premier cas de figure consiste à trouver une combinaison de variables (indicateurs morphologiques) permettant de caractériser un processus décrit dans la littérature morphologique. Ce travail a été réalisé en cherchant une correspondance entre les différentes configurations spatio-temporelles présentes dans la base de données. La figure 11.1 montre l'organigramme du processus de caractérisation.

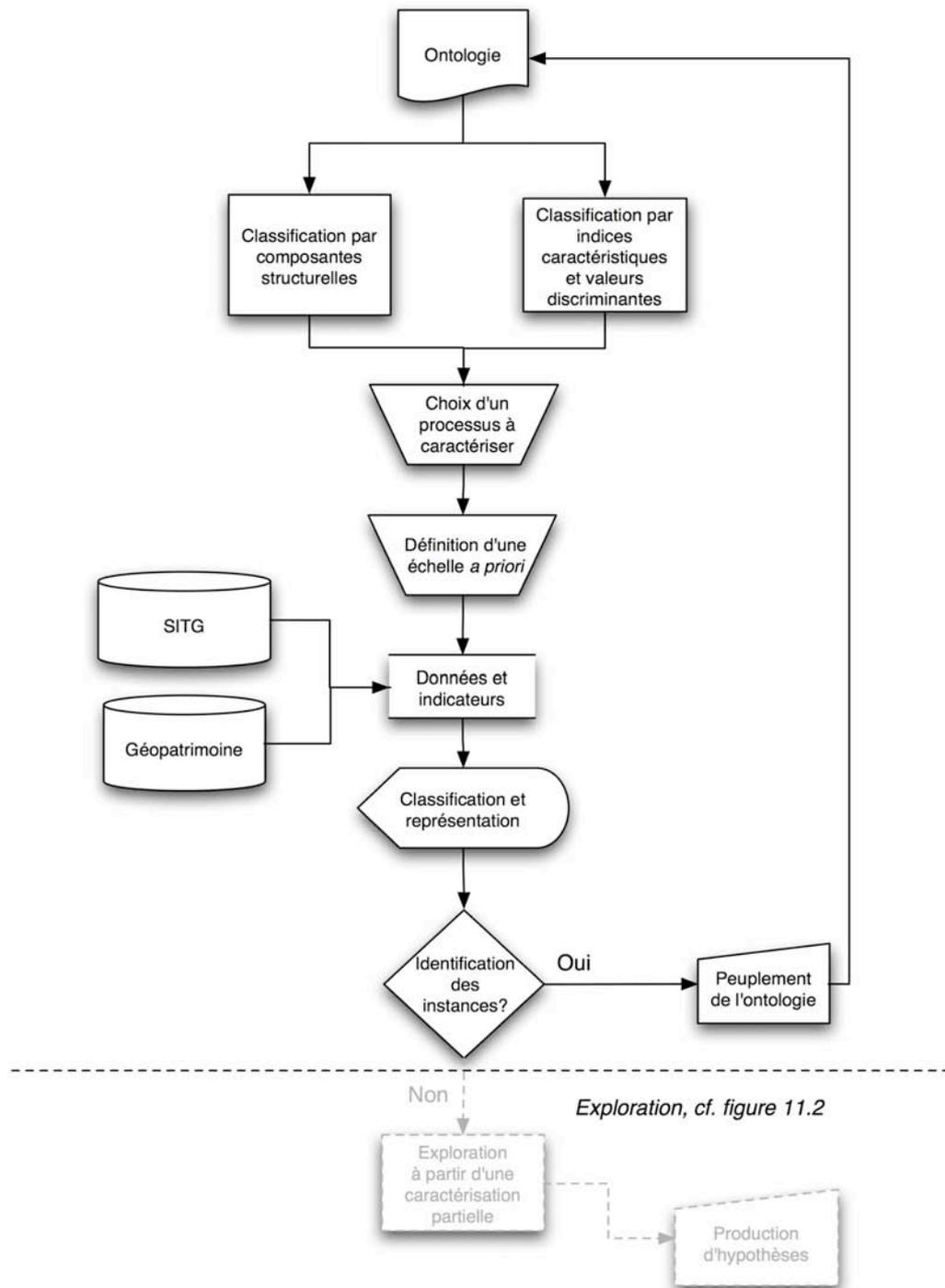


Figure 11.1: Organigramme du processus de caractérisation.

Les processus morphologiques peuvent être caractérisés à partir des données géo-historiques empiriques en suivant la stratégie de validation suivante:

- Construction des indicateurs synchroniques à partir de la définition des concepts retenus pour l'analyse.
- Construction des indicateurs diachroniques, mesure de la différence entre des indicateurs de deux états successifs et identification du type de transformation à l'œuvre.
- Classification des résultats et représentation cartographique.
- Interprétation des résultats: analyse de la convergence ou de la divergence des résultats par rapport à la définition théorique.

11.2.2 Exploration des données et catégorisation des processus émergents

Le deuxième cas de figure a en réalité un double *input*: les résultats de la caractérisation partielle (cf. figure 11.1) ou l'exploration systématique des données. La figure 11.2 illustre le processus d'exploration et l'enrichissement de l'ontologie.

Caractérisation, cf. figure 11.1

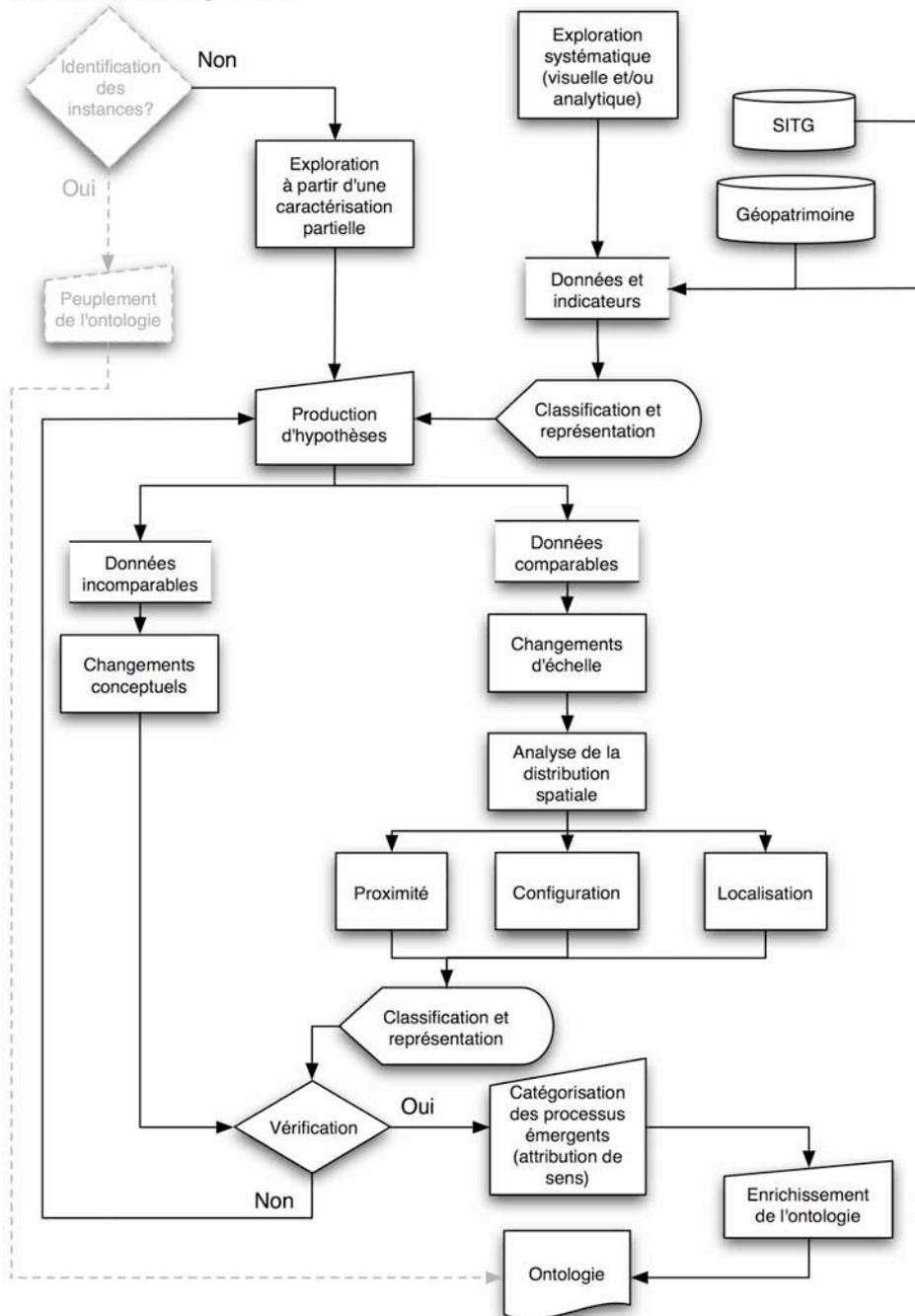


Figure 11.2: Organigramme du processus d'exploration.

D'une manière plus explicite, l'identification des processus émergents peut se décliner en deux branches distinctes pour la production d'hypothèses:

1° *L'exploration a priori*, c'est-à-dire à partir d'une exploration systématique des données à disposition.

2° *L'exploration a posteriori*, c'est-à-dire à partir des résultats partiels de la première caractérisation.

Une fois ces hypothèses construites, il s'agit de discriminer les résultats pour tenter de leur attribuer une signification unique. Autrement dit, on produit une première hypothèse consistant à dire que les observations divergentes correspondent à des processus distincts et on cherche à la confirmer ou à l'infirmar à travers une deuxième série d'analyses. Pour cela, il est nécessaire de s'assurer que les données sont bel et bien comparables. A partir de cette vérification, deux cas sont possibles:

- Soit les données sont comparables et on tente une vérification par des outils analytiques classiques (analyse de la distribution spatiale, analyse sémantique de contenu, etc.).
- Soit les données ne sont pas comparables et on peut dès lors supposer qu'il s'agit des traces d'un éventuel changement conceptuel.

Enfin, une vérification par rapport aux concepts déjà présents dans l'ontologie permet soit d'enrichir cette dernière en interprétant les résultats, soit de reprendre le cycle exploratoire en produisant de nouvelles hypothèses, et ainsi de suite.

11.2.3 Généralisation de la démarche: la question de l'émergence

En généralisant la démarche, ce sont en fait trois types de processus émergents⁷⁸ que nous pouvons observer: a) par composition, b) par changement d'échelle (spatiale ou temporelle) et c) par changement de définition.

- Les processus par composition peuvent être caractérisés par l'agrégation d'indicateurs de processus plus simples, nécessitant l'explicitation de règles de composition appropriées.
- Les processus par changement d'échelle sont basés sur les règles de généralisation⁷⁹ qui assurent l'émergence d'un nouveau pattern à une autre échelle de représentation.
- Les processus par changement de définition peuvent être déduits à partir des données non comparables, mais ne peuvent être caractérisés.

Dans le premier cas, la caractérisation de ces processus consiste à rechercher une nouvelle combinaison d'indicateurs permettant de discriminer les phénomènes observés. Par exemple, la corrélation entre la densification horizontale et la densification verticale permet de déduire une mesure de la densification totale.

⁷⁸ Types logiques d'ordre immédiatement supérieur.

⁷⁹ Au sens de la généralisation cartographique, cf. §7.2.

Dans le cas d'un changement d'échelle, nous distinguons les processus par *changement d'échelle spatiale*, permettant de faire émerger de nouveaux *patterns* spatiaux et caractérisés par des régularités observées⁸⁰ et les processus par *changement d'échelle temporelle*, caractérisés par des régularités observées sur les séries chronologiques⁸¹ (cycles, inflexions, etc.). La stratégie de validation du cas spatial (illustrée à la figure ci-dessus) est la suivante:

- Analyse de la distribution des unités spatiales caractérisées par des indicateurs simples.
- Vérification des corrélations et recherche de *patterns* (recherche des régularités visuelles ou *clusters*).
- Mise en évidence du bruit sémantique.
- Agrégation et interprétation des résultats.

Enfin, le processus par changement de définition implique à la fois une modification de la structure de la base de données et de ces instances, il n'est donc pas caractérisable uniquement à partir de l'évolution des données. Toutefois, les "*faits surprenants*" (données incomparables, bruit sémantique, etc.) constituent des *indices* d'une probable évolution à ce niveau-là.

11.2.4 Coexistence synchronique, atavismes et principe de quantification de la diversité historique

Au §6.4, nous avons introduit la question des coupes synchroniques et avons discuté la généralisation et les limites de la première loi de Tobler. Nous avons appelé *atavismes du processus* les correspondances entre son déroulement diachronique et sa représentation synchronique, c'est-à-dire entre la succession logique des instances de ce processus à chaque étape de son évolution et leur coexistence sous la forme de configurations spatiales différentes. La stratégie générale pour identifier ces atavismes est la suivante:

- Identifier et caractériser une configuration spatiale (candidat) au temps t.
- Vérifier si, dans la couche précédente (t-1), des configurations correspondantes existent dans des localisations différentes.
- Analyser l'évolution de la configuration identifiée au temps t-1 dans la couche t.
- Analyser l'évolution de la configuration identifiée au temps t dans la couche t+1.
- Vérifier la correspondance entre les évolutions respectives.

⁸⁰

Grâce à l'application des outils de l'analyse spatiale concernant les phénomènes spatiaux discontinus en mode objet (Caloz and Collet, à paraître), par exemple l'analyse de proximité entre unités spatiales (dispersion, centralité et diffusion).

⁸¹

Les données à disposition sont malheureusement trop peu nombreuses pour constituer des séries chronologiques suffisamment robustes qui permettraient l'explicitation du cas temporel.

Bien que les résultats empiriques obtenus jusqu'ici soient encourageants pour des travaux ultérieurs, la question de la coexistence synchronique des processus morphologiques reste malheureusement indécidable avec les jeux de données à disposition. En effet, nous avons identifié deux limites majeures à la recherche des paires diachroniques:

1° Il n'a pas été possible de trouver une relation robuste entre des arrangements similaires présents dans deux couches distinctes. En effet, la condition nécessaire pour analyser l'empreinte synchronique des processus morphologiques consiste à disposer d'une description précise des différentes étapes de son déroulement diachronique. Malheureusement, nous n'avons trouvé aucune étude explicitant ces étapes de façon systématique.

2° En admettant que de telles descriptions puissent être données, l'évolution des arrangements spatiaux successifs entre les couches d'information ne peuvent avoir une correspondance qu'à condition que les *taux de transformation*⁸² entre les différents pas de temps soient très proches, voire identiques. Nous sommes donc en présence d'un paradoxe irréductible, car la caractérisation des processus morphologiques est totalement déterminée par la caractérisation de la forme urbaine qui est, elle-même, le résultat dudit processus.

Malgré ces limitations, nous avons imaginé une piste pour quantifier l'intensité de mixité historique du contexte. Elle sera discuté au §12.5.

Enfin, outre la formalisation des processus morphologiques grâce à l'ontologie, le développement de la démarche exploratoire et la démonstration empirique de sa pertinence constituent la réponse au deuxième objectif de la thèse. Pour conclure ce travail, nous discutons cette construction du point de vue morphologique (§11.3) et la mettons en perspective en tant qu'outil d'enrichissement de l'ontologie (§11.4).

11.3 Discussion de la démarche exploratoire du point de vue morphologique

11.3.1 Convergence, limites et complémentarité des approches exploratoire et morphologique

En généralisant notre approche, nous avons identifié trois limites: 1) il existe une impossibilité intrinsèque à définir l'ensemble minimal d'indicateurs permettant de caractériser les formes urbaines de façon univoque; 2) les indicateurs construits à partir des données ont un intervalle de validité historique limité à la définition de ces mêmes grandeurs en contexte; 3) il est parfois impossible de cerner certains processus par le biais des indicateurs, par exemple lorsque les processus s'arrêtent avant la première coupe synchronique, ont un début et une fin dans l'intervalle entre deux coupes, ou encore, sont présents dans l'intervalle étudié, mais ne sont pas statistiquement ou visuellement décelables. Ceci dit, à l'intérieur de leur intervalle de validité, les indicateurs permettent de vérifier l'homogénéité des secteurs morphologiques grâce aux diverses techniques de l'analyse spatiale (coefficient d'autocorrélation spatiale, calcul de dispersion et recherche de régularités, etc.).

⁸²

Nombre et/ou amplitude d'une transformation par unité de temps.

De la même manière, l'analyse de l'évolution temporelle de ces indicateurs sert aussi de référence pour la recherche de variables explicatives des processus morphologiques. En procédant selon cette logique, la mesure de l'évolution du nombre, de l'amplitude et/ou de la fréquence d'apparition des instances correspond aux *traces* induisant la production d'hypothèses quant à l'existence de processus émergents⁸³.

Nous avons donc utilisé les analyses quantitatives et visuelles de la morphologie urbaine (§3.2) comme des outils exploratoires rendant possible la recherche de processus à partir d'*indices*, lorsque les données (numériques ou visuelles) existent, mais sont peu nombreuses et n'aboutissent qu'à une caractérisation partielle. Ces analyses ont permis d'aiguiller la recherche vers un troisième type d'analyse: l'analyse sémantique.

L'analyse sémantique consiste à rechercher de façon systématique des relations permettant de produire du sens, c'est-à-dire un ensemble de relations interprétables selon des règles de cohérence valables dans un espace logique donné (cf. chapitre 9). Le langage de la morphologie comporte en effet un volet descriptif littéral (en langage naturel) et un volet de représentation cartographique, qui représentent à eux deux l'espace logique recherché pour l'interprétation des résultats.

11.3.2 La lecture urbaine comme stratégie d'exploration des données

En explicitant les relations entre ces trois types d'analyses qui sous-tendent notre modèle d'exploration, nous avons en fait rendue systématique la démarche dite de "*lecture urbaine*" (Malfroy 1986), basée sur deux opérations principales : le repérage et la comparaison.

Par le biais de l'analyse empirique, nous avons pu montrer que la lecture urbaine est compatible avec une démarche systématique de type SIG et que les résultats obtenus peuvent être caractérisés ou catégorisés en fonction du degré d'émergence résultant (cf. §11.4). Ainsi, le repérage des configurations spatiales potentiellement porteuses de signification a été effectué par le biais de *requêtes SQL*, et la comparaison des résultats obtenus par *classification*, soit un composite des analyses quantitative et visuelle explicitées ci-dessus. Enfin, l'attribution d'un sens aux résultats, correspondant à l'analyse sémantique, a été effectué lors de l'interprétation des résultats du repérage et de la comparaison. Ces résultats alimentent ainsi l'ontologie (peuplement par des instances et enrichissement conceptuel, cf. §11.2)

En appliquant notre démarche exploratoire à l'analyse de l'évolution des formes urbaines, nous avons cherché à expliciter de façon systématique les trois types de processus génériques décrits dans la méthode de lecture urbaine: les processus d'agrégation, de densification et de restructuration. L'explicitation de ces processus génériques a été réalisée par la construction d'*indices caractéristiques* (Malfroy 1986), c'est-à-dire à partir de requêtes SQL sur les données issues des indicateurs mesurables. Le repérage et la comparaison des ces indices caractéristiques nous ont permis d'identifier :

- Les *formations modulaires* (effets de rythme et répétition sérielle). L'analyse des régularités (caractérisation des processus connus et *clusters*) et des irrégularités (bruit sémantique) s'effectue à partir de l'analyse chronologique des attributs fonctionnels

83

Les *indices* quantitatifs peuvent par ailleurs être utilisés comme base pour une étude comparative des processus morphologiques (cf. §12.5).

(thématiques) et structurels (géométrie et topologie) des informations géo-historiques.

- Les *différences de degré de cohérence fonctionnelle* entre les configurations spatiales. Elles nous renseignent sur la multitude de processus en cours au moment où les données ont été cristallisées sur un plan.

- Enfin, *l'analyse des transparences* (contrastes d'échelle et de géométrie, déformations) permet soit la caractérisation spécifique d'une forme par rapport à une autre (analyse synchronique), soit la mesure de l'évolution d'une forme dans le temps (analyse diachronique).

Notre démarche exploratoire constitue dans ce sens une systématisation des méthodes d'analyse de la morphologie urbaine.

11.4 Mise en perspective du point de vue cognitif (ontologie)

11.4.1 Relations entre les concepts et les instances: attribution du sens

En structurant la connaissance morphologique disponible dans les sources d'archives en concepts (idées) et instances (faits), et en tenant compte des contraintes et des bifurcations propres au vocabulaire que nous avons choisi d'exploiter (décalage sémantique, glissement de sens, etc.), nous avons déduit quatre processus secondaires d'attribution de sens entre les deux niveaux d'abstraction qui constituent l'ontologie. Ces quatre processus sont illustrés dans la figure 11.3.

Processus	Instanciation / Caractérisation	Abstraction hypostatique / classification	Agrégation	Appariement
Concept	↓	↑		↔
Instance			↔	

Figure 11.3: Typologie des processus d'attribution de sens.

Ils correspondent à:

- L'attribution de sens par **instanciation** ou **caractérisation** d'un concept grâce à l'étude de ses instances;
- L'**abstraction hypostatique** ou **classification**, qui permet l'émergence d'un nouveau concept en tant que synthèse des caractéristiques abstraites d'un ensemble d'instances donné;
- L'**agrégation** d'unités spatiales grâce à la création de nouvelles classes mettant en évidence une des caractéristiques principales d'un ensemble d'instances donné;

- L'**appariement** entre concepts par la mise en évidence de nouvelles configurations conceptuelles.

Ces processus d'attribution de sens permettent d'expliciter les parts de caractérisation et d'exploration de notre démarche en les mettant en perspective par rapport au processus d'enrichissement de l'ontologie. En effet, cet enrichissement s'effectue soit au niveau des instances (§11.4.2), soit au niveau des concepts (§11.4.3).

11.4.2 Peuplement de l'ontologie (instances)

Du point de vue de l'enrichissement de l'ontologie, la caractérisation s'assimile à une projection d'un concept formalisé dans celle-ci vers l'espace sémantique de représentation des instances (cf. Figure 11.4 et §7.3).

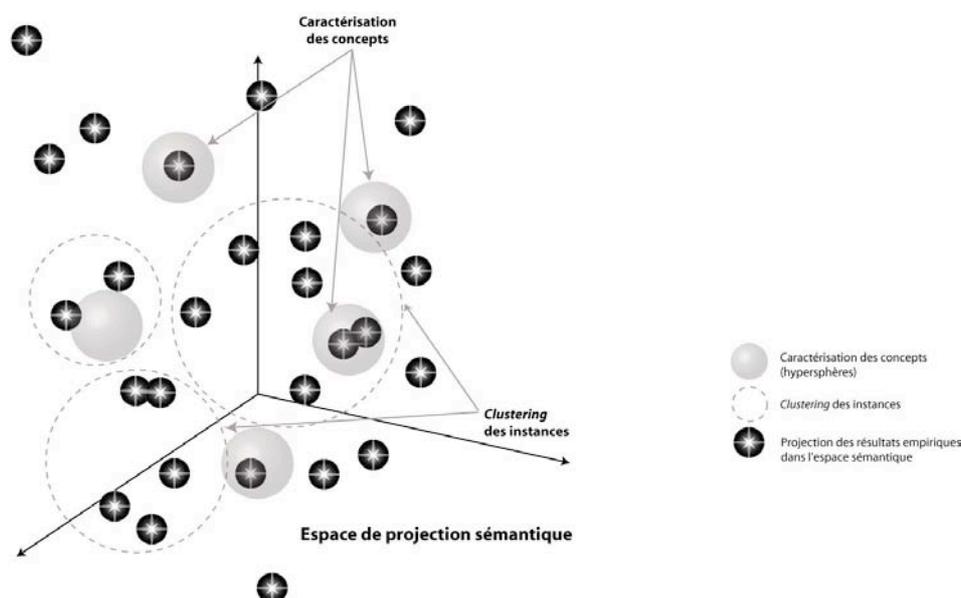


Figure 11.4: Principe de caractérisation des concepts par projection dans l'espace sémantique.

Cette projection correspond au processus d'*instanciation* de ce concept grâce à l'identification de la signature géo-historique résultant de l'analyse empirique. Le peuplement consiste donc à définir le lien entre les concepts et leurs instances de manière univoque. En d'autres termes, cela revient à définir une *zone d'influence* du concept - ou *clustering cognitif* - dans l'espace sémantique.

11.4.3 Catégorisation des processus émergents (concepts)

Les résultats obtenus à partir de l'exploration des données géo-historiques montrent une diversité importante qui ne permet pas nécessairement une caractérisation complète des processus observés. En effet, comme nous l'avons vu lors de la discussion des résultats obtenus, il est souvent nécessaire d'approfondir les séquences d'analyse en fonction de plusieurs cas de figure différents. Or, outre l'acquisition de nouvelles données permettant de poursuivre la caractérisation, il est important d'orienter les recherches aussi en fonction des questions émergentes de ces analyses préliminaires, selon le principe d'abduction (cf. §5.2). Ces questions se traduisent ensuite en hypothèses qu'il s'agit de tester par des méthodes *ad hoc* pour confirmer ou infirmer les "soupçons" apparus lors de la première série d'observations.

D'une manière générale, plusieurs cas de figure sont possibles. Nous les présentons ci-après comme un canevas aidant à structurer les résultats de l'exploration des données:

- Les observations correspondent à des configurations "attendues"; dans ce cas, il faut poursuivre les investigations et acquérir de nouvelles données pour compléter la caractérisation (par exemple, dans le cas de la densification **avec** subdivision parcellaire).
- Les observations sont de nature "surprenante"; il faut alors effectuer différents allers-retours induits par ces résultats (hypothèses) pour essayer de savoir s'il s'agit d'un cas particulier du même phénomène ou d'un phénomène différent se manifestant simultanément aux cas prédéfinis (par exemple, dans le cas de la densification **sans** subdivision parcellaire ou encore dans le cas de l'effacement du *pattern* parcellaire).
- Les observations sont "aberrantes", car les données sont chargées d'erreurs (de transcription, de formulation, d'interprétation, etc.); il faut alors corriger les données là où cela est possible et recommencer l'analyse.

La nature des hypothèses exploratoires correspond à l'un ou l'autre cas de figure ci-dessus, mais les hypothèses proprement dites ne deviennent explicites qu'après l'interprétation des résultats empiriques. Cette émergence, de nature conceptuelle, est une étape cruciale pour souligner les apports de notre modèle, car elle permet de tenir compte aussi bien du contexte historique de production des données que de l'approche interprétative propre à la morphologie urbaine.

Nous avons appelé le processus d'enrichissement de la base des connaissances, par ajout de nouveaux concepts (processus émergents) issus de l'exploration, la **catégorisation**. Cette action consiste à attribuer un sens aux observations non encore rattachées à une quelconque formalisation, mais présentant néanmoins des indices intéressants au niveau des instances et des concepts (cf. figure 11.5).

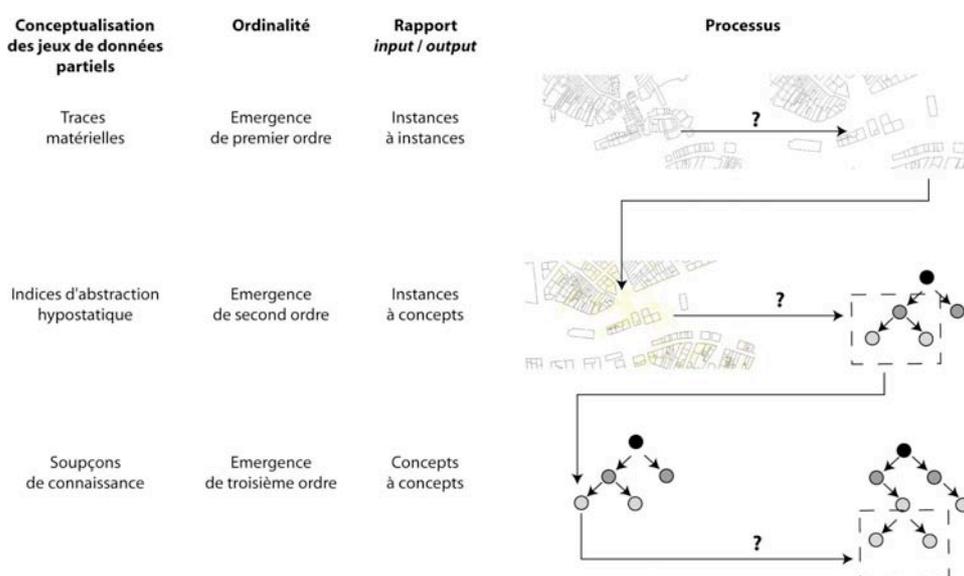


Figure 11.5: Catégorisation des processus émergents.

La typologie résultante dépend donc essentiellement de la nature des objets qui se transforment (les instances et les concepts), du type de conceptualisation des jeux de données partiels (les *traces matérielles*, les *indices d'abstraction hypostatique* et les *souçons de connaissance*) et du rapport entre les *inputs* et les *outputs* (d'instances à instances, d'instances à concepts et de concepts à concepts). Nous distinguons trois ordres de l'émergence en faisant recours au processus d'attribution de sens présenté ci-dessus:

- **L'émergence de premier ordre** correspond à une connaissance extraite des *traces matérielles*, c'est-à-dire à une classification des instances par création de niveaux d'agrégation, ou classes, mettant en évidence une des caractéristiques principales d'un ensemble d'instances donné.
- **L'émergence de second ordre** permet l'émergence d'un nouveau concept en tant que synthèse des caractéristiques abstraites d'un ensemble d'instances donné, et qui sont autant d'*indices d'abstraction hypostatique*.
- **L'émergence de troisième ordre** correspond à la mise en évidence de nouvelles configurations conceptuelles à partir de l'*appariement* entre concepts.

En explicitant les trois ordres de l'émergence conceptuelle, nous avons contribué à souligner les apports de la démarche exploratoire pour l'étude et la classification des processus morphologiques de la ville et du territoire, entendus en tant que phénomènes territoriaux complexes ayant une part matérielle et une part idéelle, et basés sur des jeux de données partiels.

11.5 Synthèse et conclusions du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons proposé une systématisation de la démarche de caractérisation et d'exploration des processus morphologiques. Outre la description des étapes du processus informationnel, nous avons discuté la question de la production d'hypothèses à partir d'une exploration systématique ou d'une caractérisation partielle, les différentes conditions de l'émergence des processus et la difficulté de caractériser les couples spatio-temporels (atavismes).

Ensuite, nous avons mis en perspective cette démarche en montrant les convergences et la complémentarité avec la méthodologie de la morphologie urbaine et le processus cognitif d'enrichissement de l'ontologie. De cette manière, nous avons pu apporter une réponse au deuxième objectif de la thèse en explicitant le processus d'attribution de sens lié à l'interprétation des résultats empiriques.

Au chapitre suivant, nous proposons une synthèse de l'ensemble du travail et discutons quelques perspectives que ce travail de recherche ouvre pour de futures recherches.

VI. Conclusion

“Elle n’est rien de plus et rien d’autre qu’une réécriture: c’est-à-dire dans la forme maintenue de l’extériorité, une transformation réglée de ce qui a déjà été écrit. Ce n’est pas le retour au secret même de l’origine; c’est la description systématique d’un discours-objet.”

Michel Foucault, *L’archéologie du savoir*,
1969, p.183



12. Conclusions et perspectives

12.1 Introduction

La systématisation de la démarche exploratoire à partir de l'enquête empirique (chapitres 10 et 11) nous a permis de confronter les données géo-historiques à disposition à la conceptualisation et à la formalisation des processus morphologiques que nous avons proposées au chapitres 8 et 9. En explicitant le processus de production de connaissance qui sous-tend l'analyse de l'évolution des formes urbaines, nous avons pu montrer la faisabilité et la pertinence de la démarche adoptée pour ce travail.

Or, au-delà de cette démonstration, le travail réalisé a aussi permis de mettre en évidence les convergences entre la géomatique et la morphologie urbaine sous la forme d'un certain nombre de points d'ancrage sur lesquels on peut asseoir la conception de l'interface méthodologique et interdisciplinaire. Notre travail a donc aussi consisté, de ce point de vue, 1) à identifier les limites de la réduction de la connaissance historique et 2) à mettre en exergue les enjeux d'un paradigme de recherche proprement interdisciplinaire.

Ces deux aspects justifient l'importance et la nécessité du développement de l'heuristique exploratoire. Or, bien que cette démarche soit déjà reconnue par ailleurs comme ayant un fort potentiel dans la science de l'information géographique (exploration visuelle, *exploratory data analysis*, *data mining*, etc.), notre travail a permis d'en consolider la définition, grâce notamment à l'application des postures historique et interprétative qui se sont imposées à nous.

Dans ce chapitre, nous allons procéder à la synthèse du travail de thèse à partir de ces deux problématiques (§12.2) pour souligner les apports mutuels de la morphologie urbaine et de la science de l'information géographique (§12.3). Ensuite, nous rappellerons les principales limites de notre démarche (§12.4), avant de proposer quelques pistes pour des développements futurs (§12.5).

12.2 Synthèse: limites liées à la réduction de la connaissance historique et à la translation sémantique entre disciplines

La première partie de notre travail a permis d'identifier six limites à la réduction de la connaissance historique, qui empêchent de l'exploiter directement avec le potentiel des systèmes d'information géographique:

- **Les sources d'archives sont hétérogènes.** Outre la typologie utilisée par les historiens pour classer les sources (primaires, secondaires et tertiaires), permettant de valider le travail effectué et l'originalité des résultats, il existe aussi une hétérogénéité propre à la nature des documents versés aux archives (cartographique, textuelle, iconographique...).

- **Les jeux de données extraits des sources d'archives sont toujours partiels.** Bien qu'un des enjeux de la recherche historique consiste à faire émerger des connaissances représentatives, le fait est que la constitution de corpus de données importants reste problématique, de ce point de vue. Face à cette nécessité, le paradigme *indiciaire*, consistant en l'analyse approfondie de sources fragmentaires, voire uniques, a été adopté. Ce travail, proche du travail de l'archéologue, donne une valeur interprétative plus importante encore aux *traces*, posant ainsi la question de sa validité par rapport à l'inférence basée sur les corpus de données exhaustifs.

- **La rigidité structurelle des bases de données limite le champ de l'enrichissement par reconceptualisation de la problématique.** En effet, dans la structure en classes et instances, les attributs sont prédéterminés et seules les valeurs desdits attributs changent. Dès lors, toute forme d'innovation, d'invention ou de transformation des classes est impossible à mettre en évidence. Seules les variations des instances sont décelables à l'intérieur de la base de données.

- **Les sources sont souvent incomparables entre elles.** Du fait de leur hétérogénéité, d'une part, mais aussi à cause de leur caractère non aléatoire. Les données extraites sont donc souvent statistiquement non-significatives.

- **Les concepts présentent une relativité historique et sémantique.** La production d'une connaissance basée sur des processus sociaux est confrontée à deux problèmes de natures différentes: la polysémie des concepts utilisés (homonymie et synonymie) et l'évolution de leur contenu à travers l'histoire. La mesure rattachée à ces concepts est donc entachée d'incertitudes et n'est pas forcément comparable d'une période à l'autre.

- **L'information historique issue des sources d'archives n'est pas reproductible.** Si l'on veut respecter la *primauté des sources*, il n'y a aucune possibilité de recours à une simulation numérique ou à une expérience de laboratoire qui produirait des données supplémentaires.

A la question de l'intégrité de la connaissance historique et aux limites de sa réductibilité à un système informatique, s'ajoute une autre relativité sémantique encore plus fondamentale, propre aux questions de *translation* d'un champ du savoir à l'autre.

Cette question, qui sous-tend l'épistémologie de la recherche interdisciplinaire en général, est d'autant plus importante pour nous que la morphologie urbaine ne répond pas seulement aux contraintes de la recherche historique, comme nous l'avons vu ci-dessus, mais est un composite de savoirs divers ne partageant pas forcément la même épistémologie. M.R.G. Conzen (2004) avait déjà identifié différentes disciplines voisines qui devraient être couvertes au cours d'une étude morphologique⁸⁴: l'archéologie, l'histoire (institutionnelle, économique, sociale, etc.), l'architecture et l'histoire de l'architecture, l'urbanisme et l'histoire de l'urbanisme, la sociologie, l'anthropologie, l'économie, les sciences politiques et la psychologie. A cette longue liste, nous avons encore ajouté: l'histoire des idées ou des mentalités (évolution des concepts), la linguistique (par le biais de la sémiotique et de la pragmatique), la philosophie spéculative (notion d'événement) et la science de l'information géographique (SIG et ontologies).

Dès lors, comment une connaissance établie dans un champ sémantique donné⁸⁵ peut-elle être transposée dans un autre? Cette relativité de deuxième ordre⁸⁶ nécessite 1) que le processus de production de la connaissance soit explicite, afin de montrer les limites et les opportunités des emprunts interdisciplinaires, 2) que les ouvertures et les risques créés par la friction entre deux champs du savoir, partageant, du moins en principe, le même objet d'étude, soient clairement circonscrits et 3) que des garde-fous soient posés afin d'éviter une dérive interprétative menant à des résultats inexploitable dans le champ problématique choisi (Camacho-Hübner 2007).

Nous avons entamé le développement de notre démarche exploratoire sur la base de cette double réflexion épistémologique. Les apports de la thèse peuvent donc être évalués aisément, en utilisant ce cadre pour mesurer l'originalité de la méthodologie proposée et des résultats obtenus.

12.3 Apports et originalité de la thèse

Les apports majeurs de notre travail de thèse sont de différentes natures et se situent essentiellement à l'interface des deux disciplines de départ, à savoir la morphologie urbaine et la géomatique. L'ontologie que nous avons construite s'est avérée être une étape déterminante pour le développement de la démarche exploratoire de la connaissance historique. En effet, cette ontologie se situe à un niveau intermédiaire entre la part descriptive de la morphologie urbaine et la part analytique du modèle de données utilisé pour l'analyse spatiale.

Dès lors, en comblant la brèche entre ces deux approches partageant le même objet d'étude mais répondant à des épistémologies différentes, il a été

⁸⁴ La morphologie urbaine étant entendue d'emblée comme une branche de la géographie historique.

⁸⁵ Jargon ou ensemble de concepts partagés au sein d'une discipline.

⁸⁶ Par rapport à la relativité historique et sémantique du langage permettant de décrire les phénomènes urbains, tels que nous les avons appréhendés ici.

possible d'exploiter la formalisation des processus morphologiques urbains comme noyau théorique pour la construction d'indicateurs quantitatifs, tout en respectant l'influence du contexte historique en ce qui concerne la relativité des résultats numériques.

Grâce à l'explicitation formelle des concepts de base (forme, événement, échelle, contexte historique, etc.) et de leurs relations, les apports de l'ontologie pour le développement de notre démarche exploratoire peuvent se résumer comme suit :

- Structuration et formalisation de la connaissance historique et géographique liée à la forme urbaine : ontologie des processus morphologiques.
- Principes d'exploration systématique du contenu de la base de données géo-historiques et définition d'un modèle d'interprétation *ad hoc*.
- Définition du méta-processus, de l'intervalle de validité conceptuelle (stabilité) et du principe de quantification de la diversité historique.
- Mise en évidence de l'apport de l'application des paradigmes des sciences sociales pour une modélisation respectant la complexité intrinsèque des phénomènes urbains.

Structuration et formalisation de la connaissance historique et géographique liée à la forme urbaine: ontologie des processus morphologiques

La décomposition en couches d'objets similaires est le premier point commun entre l'analyse morphologique et la structuration de l'information dans un système d'information géographique (SIG). Cette cohérence méthodologique a, certes, grandement facilité le rapprochement entre les deux disciplines; mais ce sont les questions propres à la nature historique de la connaissance morphologique qui se sont avérées centrales. Nous avons approché cette connaissance morphologique suivant deux logiques complémentaires, les idées (ontologie et arrangements conceptuels) et les faits (instances et base de données géo-historique):

- Dans un premier temps, la structuration des données nécessaires à ce type d'analyse a été effectuée en explicitant les catégories principales (parcellaire et bâti) correspondant aux sources cartographiques disponibles. Les relations entre ces classes ont permis de définir un certain nombre d'indicateurs basés sur les relations géométriques et les attributs thématiques des données. Ces catégories ont ensuite été enrichies de façon diachronique par des liens entre les classes d'objets afin de rendre compte de l'évolution des configurations spatiales.

- Dans un deuxième temps, la formalisation des arrangements conceptuels par le biais d'une ontologie *ad hoc* a permis d'explicitier la complexité des processus urbains et du contexte historique. C'est donc en définissant les relations entre les concepts et leurs instances que nous avons pu déterminer le champ de la connaissance morphologique. Le choix de l'ontologie a permis de trouver le bon niveau d'abstraction entre le noyau explicite de l'information et les concepts irréductibles.

Exploration systématique et modèle d'interprétation

En cherchant à formaliser la notion de processus morphologique, notre but était de proposer une structuration de la connaissance historique originale et capable de mettre en valeur ces savoirs hétérogènes pour les rendre compatibles avec un outil d'analyse systématique. Parallèlement, il nous paraissait important d'offrir une marche à suivre qui permette de dépasser le découpage en périodes historiques ou en échelles d'observation déterminées a priori.

Par leur capacité à croiser différentes informations, rapidement et de façon systématique, les systèmes d'information géographique permettent de mettre en évidence aisément les phénomènes spatiaux, qu'il s'agit ensuite d'interpréter. De plus, ils sont un formidable outil d'exploration visuelle des données spatialisées. Or, la *spatialisation* ne se résume pas à une pure localisation, mais bel et bien à une mise en évidence des composantes matérielles, ou idéelles, permettant une actualisation des interactions potentielles de la société dans l'espace qu'elle produit.

Dans notre cas, les classifications résultantes, la cartographie produite, les valeurs aberrantes mises en évidence, etc. peuvent servir de base à la production d'hypothèses, dont la validation se fait grâce à un changement de *point de survol* (la reconnaissance d'un *pattern* spatial, l'inférence d'une règle explicative à partir d'un calcul de corrélation, etc.). Nous avons démontré par ailleurs que ce changement du point de survol, permettant l'émergence d'une connaissance nouvelle, correspond souvent, d'un point de vue morphologique, au jeu d'échelles complémentaire entre la lecture urbaine (*échelle a priori*) et l'échelle émergente (*échelle a posteriori*)⁸⁷.

D'une manière générale, lors de l'interprétation des résultats, le processus d'attribution de signification passe par plusieurs étapes de validation. La généralisation de ce processus est l'*abduction*. En effet, le processus de production et de validation d'hypothèses à partir de l'observation d'un fait surprenant, valable aussi bien en médecine qu'en archéologie, est un puissant outil conceptuel pour la justification et la généralisation de la démarche exploratoire dans la science de l'information géographique.

87

Ces échelles ont été identifiées par ailleurs comme une des différences paradigmatiques entre les écoles italienne (Caniggia) et anglo-saxonne (Conzen) de la morphologie urbaine (cf. 7.2).

Méta-processus, principe de stabilité conceptuelle et quantification de la diversité historique

La structure formelle de la notion de processus morphologique que nous avons considérée pour le développement de l'ontologie consiste en une séquence d'états et d'événements. L'état est le laps de temps défini par une *stabilité conceptuelle* nécessaire à la caractérisation quantitative d'une configuration spatiale, tandis que l'événement synthétise les périodes où le changement a lieu.

En appliquant la notion d'événement à la double nature de la connaissance historique et morphologique, à savoir les instances et les concepts, nous pouvons définir les catégories de *mutation quantitative* et de *méta-processus*. La première rend compte de l'évolution des instances, c'est-à-dire de l'évolution des objets définissant une configuration spatiale, tandis que la seconde évoque les transformations au niveau de la conceptualisation, soit par *émergence* de nouveaux concepts, soit par *changement de points de vue* (réarrangements des concepts existants). Dès lors, la cristallisation historique et spatiale d'un phénomène urbain peut se mesurer de deux façons différentes: soit à partir des adaptations de l'usage ou de l'arrangement d'une configuration spatiale donnée, soit en fonction de l'évolution des perceptions et des conceptualisations au cours de l'histoire.

La charge sémantique des données géographiques utilisées pour décrire des phénomènes urbains résulte donc d'une combinaison des deux facettes principales de l'information historique, la temporalité et l'historicité:

- La temporalité consiste à prendre en compte le temps comme une variable indépendante par rapport à laquelle il est possible de dériver toute autre variable géométrique ou thématique. Dans ce cas, on cherche à attribuer une signification aux observations chronologiquement ordonnées par la mise en évidence d'une tendance.
- L'historicité, quant à elle, tient compte, de façon synchronique, de la co-présence de configurations connotées historiquement. Elle peut donc être considérée comme une construction cognitive combinant les questions temporelles et sémantiques afin de caractériser les faits observés qui déterminent le contexte historique d'interprétation.

A partir de la diversité de configurations observées et coexistantes dans un seul jeu de données, nous avons imaginé un principe pour la mesure de l'intensité de mixité historique à un moment donné, permettant ainsi de caractériser son évolution. Nous avons appelé cette grandeur la *mesure d'historicité*. Elle vise à intégrer ultérieurement dans l'outil de reconnaissance des configurations spatiales la capacité à mesurer la cohérence du processus de production et de stratification de ces configurations.

Application des paradigmes des sciences sociales

Grâce à l'application de certains paradigmes des sciences sociales à la science de l'information géographique, nous avons aussi pu montrer comment le travail de conceptualisation et de formalisation des processus morphologiques permet de renforcer et d'*enrichir* le processus de modélisation au sens large, c'est-à-dire la traduction de la *réalité* vers l'*univers du discours*.

Ces apports constituent une pierre supplémentaire à l'édifice *toujours en devenir* de la démarche exploratoire pour le traitement de processus complexes, tels que les phénomènes urbains, dont la représentation physique n'est qu'une des composantes des interactions sociales qui les caractérisent. En effet, le changement de paradigme, qui nous a permis de représenter des processus émergents en plus de ceux bien déterminés, découle de la nouvelle définition de l'histoire empruntée à Hannah Arendt et Reinhart Koselleck. Elle est un processus et non la somme de faits et d'objets disséminés chronologiquement. En traduisant cette approche en termes systémiques, nous avons pu enrichir l'épistémologie sous-tendant la structure formelle des SIG par l'intégration de certaines postures contemporaines des sciences sociales, telles que 1) la théorie historique que nous avons dérivée d'une lecture croisée de Furet, Ginzburg, Foucault et Koselleck, 2) la généralisation de la méthode de validation scientifique (Popper) grâce à la méthode abductive de production et validation d'hypothèses (Peirce) et 3) la question de l'émergence de la connaissance (Deleuze et Whitehead).

La question de savoir s'il est nécessaire de disposer d'une construction conceptuelle ayant une validité universelle pose de nombreux problèmes dans l'étude de l'histoire sociale. En effet, l'exhaustivité et la comparabilité des corpus de données historiques pour l'étude sur le *temps long* sont mises à mal par la *connaissance fragmentaire* définissant le statut ontologique des sources d'archives y relatives. De plus, la relativité historique des concepts, appréhendés d'un point de vue social comme étant un *construit* et non un *donné*, nous inciterait a priori à abandonner la structuration rigide régissant les bases de données. Or c'est au contraire en articulant le *paradigme indiciaire*, pour le développement de catégories conceptuelles en devenir, avec l'*archéologie du savoir*, posture à la fois critique et extensive de l'*histoire des idées*, que nous avons pu déduire les notions d'évolution conceptuelle et de méta-processus.

Cette posture relativiste ne vise pas à réduire l'intérêt d'une classification formelle et structurée, mais pose la question de la validité *ad aeternam* des mots qui sous-tendent notre conceptualisation du monde. La reconnaissance de cette relativité offre donc au contraire une opportunité de saisir l'*événement* justement là où la représentativité statistique nous fait défaut. La prise en compte du *bruit sémantique*, de ce qui aurait dû être considéré comme scorie du processus de production de connaissance, redevient importante, car la recherche historique ne se réduit pas à une simple validation par corrélation des séries chronologiques, mais vise essentiellement à l'*explicitation de ce qui a été*.

12.4 Limites de la démarche

La **principale limite** de la démarche proposée concerne l'implémentation, selon une logique hiérarchique (de type méréologique), de la structuration des concepts. Cette approche s'est avérée trop contraignante pour prendre en considération toute l'ampleur de la relativité historique et de la polysémie identifiées des concepts en jeu.

Nous avons observé que le choix du niveau le plus fondamental de la hiérarchie conditionne la formalisation qui peut en être proposée, en induisant un biais déterministe ou un discours orienté en fonction du point de vue choisi. Le fait de privilégier un angle d'attaque réduit les possibilités en termes de conceptualisation et empêche de naviguer librement d'un champ de la connaissance à un autre, à cause de la nature de la modélisation de la connaissance historique et urbaine que nous avons envisagée, d'une part, et de la sémantique déclarative utilisée pour résoudre les questions de polysémie, d'autre part.

En effet, le modèle historique que nous avons développé nécessite que l'on prenne en considération des besoins contradictoires en termes de:

- Stabilité conceptuelle pour la construction et la gestion de la base de données géo-historiques, permettant de rendre effective la mesure des indicateurs.
- Évolutivité et d'enrichissement de la base de connaissances, assurant une souplesse importante à la conceptualisation de l'objet d'étude.

Dès lors, un des freins au développement d'une ontologie historique et urbaine vraiment opérationnelle consiste en la difficulté technique qu'implique la prise en compte, dans un système informatique, de l'évolution temporelle des concepts; en d'autres termes, il n'existe encore aucune plate-forme pour l'implémentation des méta-processus.

Dans le même ordre d'idées, les glissements de sens peuvent induire des mésinterprétations qui conduisent parfois à la production de conceptualisations originales qui mériteraient d'être prises en considération (*serendipity*). Or, la réduction des ambiguïtés conceptuelles reste un problème technique important, qui n'a d'autre solution que l'explicitation du sens, etc. Par conséquent, la prise en compte de cette relativité sémantique met en évidence un paradoxe de la connaissance scientifique où, d'un côté, il faut réduire pour comprendre et, de l'autre, toute réduction implique un élagage de la relativité de la connaissance, et donc, de ses caractéristiques et de son potentiel d'évolution et de transformation.

La **deuxième limite** que nous avons identifiée concerne la représentativité des données extraites des sources d'archives. En effet, bien que les bases de données utilisées ici puissent être considérées comme suffisantes pour la démonstration de la pertinence de notre démarche, il aurait été néanmoins nécessaire d'avoir une base de données historique plus riche encore, avec des pas de temps plus serrés, afin de procéder à une caractérisation complète des processus morphologiques. En effet, la question de la représentativité des résultats est directement dépendante de la taille de l'échantillon et, donc, de la disponibilité directe des données historiques.

Ainsi, avec des séries chronologiques plus vastes, il aurait été possible de rendre l'enquête davantage conforme aux standards de l'analyse historique quantitative et de l'analyse spatiale, car les résultats auraient pu être testés avec des méthodes statistiques plus robustes permettant de vérifier leur représentativité. De même, la très grande hétérogénéité des données d'une époque à l'autre (données non disponibles pour les couches les plus anciennes, structure des tables différentes entre les époques pour les mêmes données, traitement différencié entre les données au centre et à la périphérie, etc.) a impliqué une réduction de notre marge de manœuvre. En effet, le travail effectué a été essentiellement réduit au traitement des données géométriques partout où elles étaient disponibles ou facilement dérivables (surface, périmètre, etc.). Ces contraintes limitent le champ de définition des indicateurs que l'on pourrait construire à partir des données thématiques, tels que les études généalogiques, les héritages, les changements d'usage, etc.

12.5 Perspectives de recherche

Pour terminer, nous brosons le panorama des perspectives de recherche potentiellement intéressantes découlant de notre travail:

Du point de vue de la recherche morphologique:

- Approches collaboratives.
- Ontologies par époque.
- Approches systématiques et plates-formes d'exploration multi-dimensionnelles.

Du point de vue de la science de l'information géographique:

- Archives numériques.
- Mesure d'historicité.
- Interopérabilité et développement du volet technologique.

Approches collaboratives

A partir de la structuration proposée, il serait intéressant de mesurer le degré d'adéquation entre ce travail et d'autres classifications de la connaissance urbaine (en alignant des ontologies, par exemple), ou encore de pouvoir vérifier sa robustesse, sa souplesse et sa capacité à refléter d'autres points de vue. Malheureusement, de telles classifications n'existent pas et le temps nous a manqué pour développer d'autres arrangements conceptuels ou points de vue afin d'effectuer cette vérification.

Dans le même ordre d'idées, il serait aussi très intéressant de produire une classification partagée⁸⁸ pour exploiter son potentiel d'enrichissement, en impliquant différents *stake-holders* de la morphologie urbaine, de l'histoire urbaine et de l'urbanisme, afin de peaufiner la conceptualisation qui est donnée en fonction des différents points de vue et de faire émerger d'autres problématiques. En effet, l'étude des processus contemporains pose toujours des problèmes méthodologiques à la morphologie urbaine telle qu'elle est encore appliquée aujourd'hui.

⁸⁸ Appelée aussi *folksonomie*.

Les sources cartographiques et leurs méta-données: ontologies par époque

Sur la base de la conceptualisation du contexte historique, nous avons imaginé une démarche pour le développement d'une base de connaissances basée sur les sources cartographiques. Les ontologies par époque résument les connaissances sur les modes de perception, de production et de représentation des informations extraites des cartes anciennes (Bertrand 2005). Elles correspondent en ce sens à des ontologies locales. En utilisant le vocabulaire de la cartographie contemporaine, on dira qu'il s'agit de l'explicitation de la méta-donnée des plans Billon, Céard et Grange (Schätti and Viaccoz-de Noyers 2005), enrichie d'éléments issus des monographies historiques existantes⁸⁹. Ce travail a donné lieu pour l'instant à une esquisse de base de connaissance fondée sur les sources disponibles qui n'a pas été exploitée. L'enrichissement de cette ontologie permettra la mise en pratique de la notion d'évolution temporelle des ontologies.

Approches systématiques et plates-formes d'exploration multi-dimensionnelles.

Cet enrichissement devrait aussi se faire par le biais d'études systématiques et d'études comparatives. En effet, la demande d'une caractérisation robuste des processus morphologiques justifie fortement l'acquisition, en masse, des données historiques, dans le but d'offrir une meilleure compréhension des processus urbains contemporains, ou de tout autre processus dont le contexte est plus riche et plus complexe, et qui nécessite pour cela des jeux de données plus vastes et facilement accessibles. Suivant la même logique, l'accroissement de la connaissance sur le *temps long* trouve une complémentarité naturelle dans les études comparatives de nature diatopique, qui permettraient une discussion approfondie des convergences et divergences synchroniques entre des territoires au développement différencié.

Enfin, notre démarche exploratoire est avant tout une construction intellectuelle navigant entre l'espace et le temps, afin de mettre en évidence des questions originales qui ne peuvent émerger que lorsque les résultats sont inattendus. En effet, un outil d'exploration vise essentiellement à accroître le potentiel de *serendipity* des acteurs-observateurs-interprètes des changements des réalités sociales. Dès lors, pour pouvoir profiter pleinement du potentiel de notre ontologie, il serait intéressant d'avoir des jeux de données importants (*data warehouses*) qui pourraient être structurés selon les logiques des cubes spatio-temporels (Rivest, Bédard et al. 2005) ou de toute autre plate-forme exploratoire effectuant des opérations de *data-mining* (Chen 2001, Williams and Simoff 2006), par exemple.

89

Dans le cas de Genève, nous pouvons citer : Corboz, A. (1986). "Cadastrés exquis: les plans Billon (1726) et Céard (1837) et leur intérêt pour l'histoire de l'urbanisme." *Genava* XXXIV: 113-121; Lescaze, B., Ed. (1987). *Plan Billon 1726*. Genève, Société Auxiliaire des Archives d'Etat; Winiger-Labuda, A. (2005) "Les premiers 'cadastrés' genevois, du plan 'littéral' au plan géométrique." *Cahiers patrimoine et architecture: histoire de cartes. Genève XVe-XXe siècle*(14-15): 23-30; Tschanz, B. (2005) "L'informatisation des plans Billon, Céard et Grange." *Cahiers patrimoine et architecture: histoire de cartes. Genève XVe-XXe siècle*(14-15): 65-70.

Archives numériques

La structuration que nous avons proposée permettrait de conserver aussi bien les données que la connaissance du contexte de production, de perception et de représentation de l'information, et ceci d'une façon plus exhaustive que la seule métadonnée.

En effet, la question de l'archivage de l'information produite depuis l'avènement de l'informatique reste encore en grande partie sans réponse. La mise à jour des données par effacement des plus anciennes pose moins de problèmes avec l'augmentation exponentielle des capacités de stockage, mais demeure problématique du point de vue de la classification des données potentiellement intéressantes dans le futur.

Une classification intéressante des sources d'archives numériques pourrait répondre à ces nouveaux besoins, basés sur les quatre critères suivants:

- 1° Elaborer des archives à partir de l'historique des objets, plutôt que de synthétiser les informations en couches synchroniques.
- 2° Conserver les relations entre les classes d'objets (Modèle Conceptuel de Données) et leur évolution.
- 3° Conserver le lien entre concepts et instances (ontologie et bases de données).
- 4° Archiver le contexte et faciliter la traçabilité des sources de données.

A partir de ces critères, nous proposons une première ébauche de cette classification des archives numériques:

- Les données *contemporaines*, c'est-à-dire directement rattachées à leur contexte de production, de perception et de représentation.
- Les données *anachroniques*, c'est-à-dire les jeux de données reconstitués à partir de sources dépendant d'un autre contexte historique.
- Les données *anatopiques*, définies dans un autre contexte géographique.
- Les données *virtuelles*, comme, par exemple, les données des projets urbains non aboutis, c'est-à-dire n'ayant pas de correspondance avec une réalisation matérielle, mais pouvant influencer par ailleurs d'autres projets qui en tiendraient compte durant leur processus d'élaboration.
- Les données *historiquement enrichies*, c'est-à-dire dont les classes sont modifiées en introduisant de nouveaux attributs, plutôt que mises à jour par effacement des valeurs précédentes.

Cette classification a été pensée pour un usage dans le cadre de futures recherches historiques et morphologiques, mais elle semble extensible à toute donnée faisant référence à un processus spatio-temporel. En effet, l'enjeu de la sauvegarde de notre patrimoine intellectuel dépasse, à notre avis, le seul niveau de fonctionnalité et de performance que doivent présenter les bases de données contemporaines.

Mesure d'historicité

A partir de la recherche de paires diachroniques (atavismes) qui n'a pas abouti à un résultat probant, nous avons imaginé une mesure de diversité permettant de synthétiser la richesse d'information présente à chaque couche d'information historique. Cette mesure est dérivée du principe défini comme la mesure d'intensité de la diversité historique ou mesure d'historicité (cf. §6.3, §9.2 et §11.2). Il s'agit en fait de systématiser l'enregistrement de la diversité des formes co-présentes à un moment donné pour pouvoir comptabiliser la multitude de cas co-présents mais distincts sur une même couche d'information. Ce principe pourrait servir à caractériser le contexte historique afin de faciliter l'interprétation des faits observés.

Interopérabilité et développement du volet technologique

Du point de vue de l'interopérabilité des systèmes informatiques et des bases de données, l'évolution des concepts et des points de vue (ou arrangements conceptuels) pourrait offrir une souplesse structurelle nouvelle pour la construction de méta-modèles complexes et évolutifs (cf. figure 12.1).

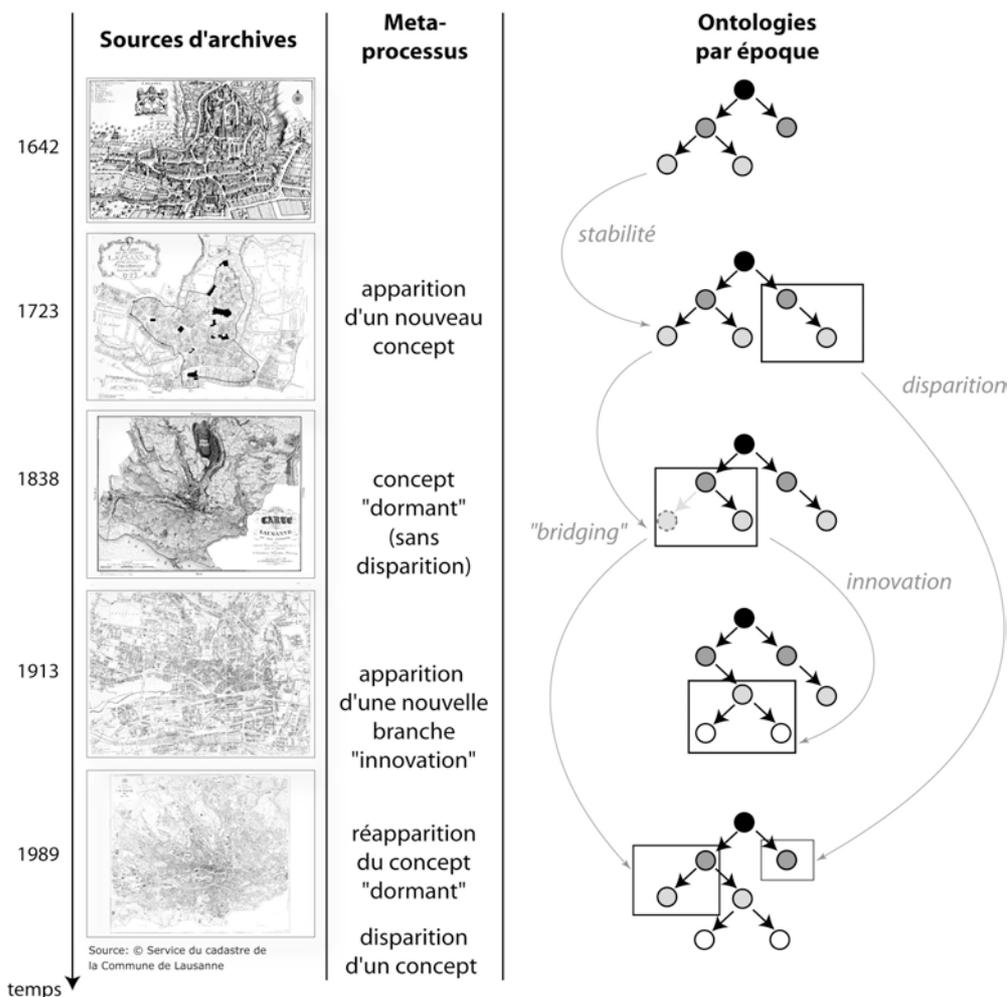


Figure 12.1: Catégorisation des méta-processus.

La posture que nous avons adoptée pourrait être considérée comme une alternative intéressante au *reverse engineering* (ingénierie inverse). Toutefois, ce travail nécessite évidemment encore un grand effort de développement, en termes de programmation, au niveau de la description et de l'implémentation des méta-processus identifiés dans le présent travail. En effet, si nous pouvions offrir une capacité d'adaptabilité accrue au niveau de la conceptualisation des systèmes informatiques, par une caractérisation des modifications subies et sans avoir recours à une reconstitution de leur modes de fonctionnement, il en résulterait probablement une économie de moyens importante et un fort potentiel de développement.

Pour conclure, nous dirons que nous avons démontré la pertinence de l'usage des ontologies pour la formalisation des phénomènes ayant des composantes géographique et cognitive évidentes. En effet, la souplesse de la conceptualisation proposée n'exclut aucun enrichissement futur au niveau sémantique. Le chemin que nous avons balisé permettra d'avoir, nous l'espérons, une meilleure compréhension des phénomènes sociaux et spatiaux complexes, grâce à la prise en compte à la fois des contextes de la politique, de l'économie et de l'histoire et des changements paradigmatiques des régimes cognitifs qui les caractérisent.

13. Références bibliographiques

- Acevedo, W. and P. Masuoka (1997). "Time-series animation techniques for visualizing urban growth." Computers & Geosciences **23**(4): 423-435.
- Allain, R. (2004). Morphologie urbaine: géographie, aménagement et architecture de la ville. Paris, Armand Colin.
- Amrhein, C. G. (1995). "Searching for the elusive aggregation effect: evidence from statistical simulations." Environment and Planning A **27**(1): 105-119.
- Anselin, L. (1995). "Local Indicators of Spatial Association - LISA." Geographical Analysis **27**(2): 93-115.
- Arendt, H. (1972). La crise de la culture. Paris, Editions Gallimard.
- Armengaud, F. (1985). La pragmatique. Paris, puf.
- Arnaud, J.-L. (2008). Analyse spatiale, cartographie et histoire urbaine. Marseille, Editions Parenthèses / MMSH.
- Bergson, H. (2001 (1941)). L'évolution créatrice. Paris, puf.
- Bertrand, R. (2005). Un reflet de réalités anciennes? La ville figurée: plans et vues gravées de Marseille, Gênes et Barcelone. M. Morel-Deledalle. Marseille, Editions Parenthèses / Musées de Marseille: 47-53.
- Bloch, M. (1929). "Les plans parcellaires, première partie: Le plan parcellaire document historique." Annales **1**(1): 60-70.

Bloch, M. (1929). "Les plans parcellaires, troisième partie: France." Annales 1(3): 390-398.

Bloch, M., H. Hall, et al. (1929). "Les plans parcellaires, deuxième partie: Allemagne et Angleterre." Annales 1(2): 225-231.

Boudon, P. (2002). Echelle(s): l'architecturologie comme travail d'épistémologue. Paris, Anthropos.

Braudel, F. (1979). Civilisation matérielle, économie et capitalisme XVe-XVIIIe siècle. Paris, Armand Colin.

Buzan, T. and B. Buzan (1996). The Mind Map Book: How to Use Radiant Thinking to Maximize Your Brain's Untapped Potential. New York, Penguin Books.

Béguin, M. and D. Pumain (2005). La représentation des données géographiques. Statistique et cartographie. Paris, Armand Colin.

Callon, M. (1986). "Éléments pour une sociologie de la traduction: La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc." L'année sociologique(36): 169-208.

Caloz, R. and C. Collet (2001). Traitements numériques d'images de télédétection, Presses de l'Université de Québec, Agence universitaire de la Francophonie.

Caloz, R. and C. Collet (à paraître). Analyse spatiale en mode objet

Camacho-Hübner, E. (2007). "De l'interdisciplinaire comme paradigme de recherche." EspacesTemps.net Actuel.

Camacho-Hübner, E. and F. Golay (2007). Preliminary insights on continuity and evolution of concepts for the development of an urban morphological process ontology. Ontologies for Urban Development. J. Teller, J. Lee and C. Roussey. Berlin, Springer Verlag: 95-107.

Caniggia, G. and G. L. Maffei (2000). Composition architecturale et typologie du bâti: 1. Lecture du bâti de base. Paris, Ville Recherche Diffusion.

Cataldi, G., G. L. Maffei, et al. (2002). "Saverio Muratori and the Italian school of planning typology." Urban Morphology 6(1): 3-14.

Chen, Z. (2001). Data Mining and Uncertain Reasoning. An Integrated Approach. New York, John Wiley & Sons.

Choi, Y.-H. (2002). Le problème du temps chez Ferdinand de Saussure. Paris, L'Harmattan.

Chrisman, N. (2002 (1997)). Exploring Geographic Information Systems. New York, Wiley.

Conzen, M. P. (2001). "The study of urban form in the United States." Urban Morphology 5(1): 3-14.

Conzen, M. P., Ed. (2004). Thinking about urban form: papers on urban morphology by M.R.G. Conzen. Bern, Peter Lang.

Conzen, M. R. G. (1969). Alnwick, Northumberland: a study in town-plan analysis. London, The Institute of British Geographers.

Conzen, M. R. G. (1998). "Apropos a sounder philosophical basis for urban morphology." Urban Morphology 2(2): 113-114.

- Corboz, A. (1986). "Cadastres exquis: les plans Billon (1726) et Céard (1837) et leur intérêt pour l'histoire de l'urbanisme." Genava XXXIV: 113-121.
- Corboz, A., A. Léveillé, et al. (1993-1999). Atlas du territoire genevois: permanences et modifications cadastrales aux XIXe et XXe siècles. Genève, Georg.
- Cracknell, A. P. and L. Hayes (1991). Introduction to Remote Sensing. London, Taylor & Francis.
- Davidson, D. (1993). Actions et événements. Paris, puf.
- Deleuze, G. (1987). L' v nement, Whitehead. Cours Vincennes - St Denis.
- Deleuze, G. (1988). Le pli: Leibniz et le Baroque. Paris, Les Editions de Minuit.
- de Dainville, F. (1964). Le Langage des Géographes. Paris, Picard.
- de Saussure, F. (1995 (1916)). Cours de linguistique général. Paris, Payot.
- Eco, U. (1988). Sémiotique et philosophie du langage. Paris, puf.
- EPEES (2000). "Ev nement spatial." Espace Géographique **2000**(3): 193-1999.
- Everaert-Desmedt, N. (1990). Le processus interprétatif: introduction à la sémiotique de Ch. S. Peirce. Li ge, Pierre Mardaga Editeur.
- Fabrikant, S. I. and B. P. Buttenfield (2001). "Formalizing Semantic Spaces for Information Access." Annals of the Association of American Geographers **91**(2): 263-280.
- Feinstein, C. H. and M. Thomas (2002). Making History Count. A primer in quantitative methods for historians. Cambridge, Cambridge University Press.
- Fonseca, F., M. J. Egenhofer, et al. (2002). "Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems." Transactions in GIS **6**(3).
- Furet, F. (1971). "Histoire quantitative et construction du fait historique." Annales. Economies, Sociétés, Civilisations **26**(1): 63-75.
- Gardin, J.-C. (1979). Une archéologie théorique. Paris, Hachette.
- Gardin, J.-C. (1991). Le Calcul et la Raison. Essais sur la formalisation du discours savant. Paris, Editions de l'EHESS.
- Gauthiez, B. (2003). Espace urbain, vocabulaire et morphologie. Paris, monum, Editions du patrimoine.
- Genet, J.-P. (1986). "Histoire, Informatique, Mesure." Histoire & Mesure **1**(1): 7-18.
- Genet, J.-P. and P. Lafon (2003). "Des chiffres et des lettres. Quelques pistes pour l'historien." Histoire & Mesure XVIII(3/4 Mesurer le texte): 215-223.
- Ginzburg, C. (1989). Traces. Racines d'un paradigme indiciaire. Mythes, embl mes, traces. Morphologie et histoire. Paris, Flammarion: 139-180.
- Golay, F. (1992). Modélisation des systèmes d'informaiton   référence spatiale et de leurs domaines d'utilisation spécialisés. Aspects méthodologiques, organisationnels et technologiques. DGR. Lausanne, EPFL.
- Goodchild, M.F. (1992). "Geographical information science." International Journal of Geographic Information Systems **6**(1): 31-45.

Gómez-Pérez, A., M. Fernández-López, et al. (2004). Ontological Engineering. London, Springer-Verlag.

Grundy, P. (2000). Doing Pragmatics. London, Arnold.

Guermond, Y., Ed. (2005). Modélisations en géographie: déterminismes et complexités. Information Géographique et Aménagement du Territoire. Paris, Hermès - Lavoisier.

Guyotjeannin, O. (1998). Les sources de l'histoire médiévale. Paris, Le livre de Poche.

Handlin, O., A. M. Schlesinger, et al. (1954). Harvard Guide to American History. Cambridge, MA., The Belknap Press of Harvard University Press.

Hunter, G. J. and I. P. Williamson (1990). "The development of a historical digital cadastral database." International Journal of Geographical Information Science 4(2): 169-179.

Knowles, A. K., Ed. (2002). Past time, past place: GIS for History. Redlands, ESRI Press.

Koselleck, R. (1990 (1979)). Le futur passé. Contribution à la sémantique des temps historiques. Paris, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

Koselleck, R. (1997). Le concept d'histoire. L'expérience de l'histoire. Paris, Hautes Etudes / Gallimard: 15-99.

Koster, E. (1998). "Urban morphology and computers." Urban Morphology 2(1): 3-7.

Kropf, K. S. (1993). An enquiry into the definition of built form in urban morphology. Department of Geography, Faculty of Arts. Birmingham, University of Birmingham.

Kropf, K. S. (2001). "Conceptions of change in the built environment." Urban Morphology 5(1): 29-42.

Kuhn, T. S. (1983 (1962)). La structure des révolutions scientifiques. Paris, Flammarion.

Lacour, P. (2005). "Penser par cas, ou comment remettre les sciences sociales à l'endroit." EspacesTemps.net: 1-20.

Langran, G. (1992). Time in Geographic Information Systems. London, Taylor & Francis.

Larkham, P. J. and A. N. Jones (1991). A Glossary of Urban Form, Institute of British Geographers.

Latour, B. (2005). Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory. Oxford, Oxford University Press.

Lemercier, C. and C. Zalc (2008). Méthodes quantitatives pour l'historien. Paris, La Découverte.

Lepetit, B. (1989). "L'histoire quantitative: deux ou trois choses que je sais d'elle." Histoire & Mesure 4(3): 191-199.

Le Moigne, J.-L. (1994 (1977)). La théorie du système général, théorie de la modélisation. Paris, puf.

- Lescaze, B., Ed. (1987). Plan Billon 1726. Genève, Société Auxiliaire des Archives d'Etat.
- Lilley, K., C. Lloyd, et al. (2005). "Mapping and analysing medieval built form using GPS and GIS." Urban Morphology 9(1): 5-15.
- Lévy, J. and M. Lussault, Eds. (2003). Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés. Paris, Belin.
- Lüscher, P., R. Weibel, et al. (2008). Where is the Terraced House? On the Use of Ontologies for Recognition of Urban Concepts in Cartographic Databases. Headway in Spatial Data Handling. 13th International Symposium on Spatial Data Handling, Montpellier, Springer.
- Magnani, L. (2001). Abduction, Reason, and Science. Process of Discovery and Explanation. New York, Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Malfroy, S. (1986). "Observations préalables à une analyse typologique du tissu urbain de la Vieille Ville de Genève." Genava XXXIV: 123-142.
- Malfroy, S. (2001). L'approche morphologique de la ville et du territoire. Versailles, Ville Recherche Diffusion.
- Marble, D. F. (1990). The potential methodological impact of geographic information systems on the social sciences. Interpreting space: GIS and archaeology. k. M. S. Allen, S. W. Green and E. B. W. Zubrow. London, Taylor & Francis: 9-21.
- Marchand, B. (1993). Paris, histoire d'une ville. Paris, Le Seuil.
- Marzot, N. (2002). "The study of urban form in Italy." Urban Morphology 6(2): 59-73.
- Mathieu, N. (2005). Le goût de la mesure et du modèle: retour critique sur une pratique inassouvie. Modélisation en géographie: déterminismes et complexités. Y. Guermond. Paris, Hermès: 17-30.
- Morin, E. (2005 (1991)). Introduction à la pensée complexe. Paris, Editions du Seuil.
- Naumenko, A. (2002). Triune Continuum Paradigm: A paradigm for general system modeling and its applications for UML and RM-ODP. IC. Lausanne, EPFL.
- Naumenko, A. and A. Wegmann (2002). A Metamodel for the Unified Modeling Language. UML 2002 - LNCS 2460, Springer Verlag.
- Office fédéral de la statistique (2008). Statistique suisse de la superficie. Etat et évolution du paysage en Suisse. Département fédéral de l'intérieur, Confédération suisse.
- Openshaw, S. (1984). "The Modifiable Areal Unit Problem." Concepts and Techniques in Modern Geography(38): 1-41.
- Panerai, P., J. Castex, et al. (2001). Formes urbaines: de l'îlot à la barre. Marseille, Editions Parenthèses.
- Panerai, P., J.-C. Depaule, et al. (1999). Analyse urbaine. Marseille, Editions Parenthèse.
- Passeron, J.-C. and J. Revel, Eds. (2005). Penser par cas. Paris, Editions de l'Ecole des hautes études en sciences sociales.
- Pilone, D. and N. Pitman (2005). UML 2.0 in a Nutshell. Sebastopol, O'Reilly.

Pinol, J.-L. and A. Zysberg (1995). Métier d'historien avec un ordinateur. Paris, Nathan.

Pointet, A. (2007). Rencontre de la science de l'information géographique et de l'anthropologie culturelle: modélisation spatiale et représentation des phénomènes culturels. ENAC. Lausanne, EPFL.

Popper, K. P. (1973). La logique de la découverte scientifique, Payot.

Pumain, D. and T. Saint-Julien (2001). Les interactions spatiales. Paris, Armand Colin.

Quincerot, R. and J. Moglia (1986). Morphologie urbaine. Indicateurs quantitatifs de 59 formes urbaines choisies dans les villes suisses (2 vol.). Genève, C.E.T.A.T. - Ecole d'Architecture de l'Université de Genève.

Rasmussen, S. E. (1948 (1934)). London - the unique city. London, Cape.

Rivest, S., Y. Bédard, et al. (2003). SOLAP: A new type of user interface to support spatio-temporal multidimensional data exploration and analysis. Workshop ISPRS, Québec.

Rivest, S., Y. Bédard, et al. (2005). "SOLAP technology: Merging business intelligence with geospatial technology for interactive spatio-temporal exploration and analysis of data." Journal of Photogrammetry & Remote Sensing **60**: 17-33.

Russell, B. (1908). "Mathematical logic as based on the theory of types." American Journal of Mathematics **30**: 222-262.

Saint-Sernin, B. (2000). Whitehead, un univers en essai. Paris, Vrin.

Schätti, N. and A.-M. Viaccoz-de Noyers (2005). "L'Atlas historique de la ville de Genève, vieilles méthodes, nouveaux outils." Cahiers patrimoine et architecture: histoire de cartes. Genève XVe-XXe siècle(14-15): 58-64.

Schenk, W. (1993). "The Use of CAD and GIS Systems in the Reconstruction of Large-scale Historical Field Systems and Land Utilization - an example from Southern Germany." History and Computing **5**(1): 25-34.

Schuler, M., P. Dessemontet, et al. (2007). Atlas des mutations spatiales de la Suisse. Zürich, Editions Neue Zürcher Zeitung.

Slater, T. R., Ed. (1990). The Built Form of Western Cities. Leicester, Leicester University Press.

Slater, T. R. (1999). "Geometry and medieval town planning." Urban Morphology **3**(2): 107-111.

Sowa, J. F. (2000). Knowledge Representation. Logical, Philosophical, and Computational Foundations, Brooks/Cole.

Stow, J. (2005). A Survey of London Written in the Year 1598. London, The History Press.

Thrall, G. I., M. McClanahan, et al. (1995). "Ninety years of urban growth as described with GIS: An historic geography." Geo Info Systems **5**(4): 20-27, 45.

Thériault, M. and C. Claramunt (1999). "La représentation du temps et des processus dans les SIG: une nécessité pour la recherche interdisciplinaire." Revue internationale de géomatique **9**(1): 67-99.

Tobler, W. R. (1970). "A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region." Economic Geography **46**(Supplement): 234-240.

- Tufte, E. R. (1999). Envisioning Information. USA, Graphic Press.
- Tschanz, B. (2005). "L'informatisation des plans Billon, Céard et Grange." Cahiers patrimoine et architecture: histoire de cartes. Genève XVe-XXe siècle(14-15): 65-70.
- Vernez Moudon, A. (1997). "Urban Morphology as an emerging interdisciplinary field." Urban Morphology **1**: 3-10.
- Vernez Moudon, A. (2002). "Thinking about micro and macro urban morphology." Urban Morphology **6**(1): 37-39.
- Vernez Moudon, A. and M. Hubner, Eds. (2000). Monitoring land supply with geographic information systems: theory, practice, and parcel-based approaches. New York, Wiley.
- Volken, H. (2003). "'Je le vois, mais je ne le crois pas.' Preuves et vérités dans les sciences formelles." Les Cahiers de l'IMA **34**: 1-17.
- Vrana, R. (2000). Method and Technical Practice in Land Supply and Capacity Monitoring. Monitoring Land Supply with Geographic Information Systems: Theory, Practice and Parcel-Based Approaches. A. Vernez Moudon and M. Hubner. New York, Wiley: 149-168.
- Whitehand, J. R. W. (1977). "The Basis for an Historic-Geographical Theory of Urban Form." Transactions for the Institute of British Geographers **2**(3): 400-416.
- Whitehand, J. R. W. (2001). "British urban morphology: the Conzenian tradition." Urban Morphology **5**(2): 103-109.
- Whitehand, J. R. W. and C. M. H. Carr (1999). "Morphological periods, planning and reality: the case of England's inter-war suburbs." Urban History **26**(2): 230-248.
- Whitehand, J. R. W. and C. M. H. Carr (2001). Twentieth-Century Suburbs. A Morphological Approach. London, Routledge.
- Whitehand, J. R. W. and S. M. Whitehand (1984). "The Physical Fabric of Town Centres: The Agents of Change." Transactions for the Institute of British Geographers **9**(2): 231-247.
- Whitehead, A. N. (1995). Procès et réalité: essai de cosmologie. Paris, Editions Gallimard.
- Williams, G. J. and S. J. Simoff, Eds. (2006). Data Mining. Theory, Methodology, Techniques, and Application. Berlin, Springer Verlag.
- Winiger-Labuda, A. (2005). "Les premiers "cadastres" genevois, du plan "littéral" au plan géométrique." Cahiers patrimoine et architecture: histoire de cartes. Genève XVe-XXe siècle(14-15): 23-30.
- Worboys, M. F. and M. Duckham (2004). GIS A computer perspective, 2nd Edition. London, Taylor & Francis.
- Zysberg, A. (1987). "Impact de l'informatique sur la recherche historique." Matériaux pour l'histoire de notre temps **10**(1): 35-37.

Cahier cartographique

Le présent cahier cartographique contient les principales cartes utilisées pour réaliser les illustrations incluses dans le corps du texte. Ces cartes sont reproduites individuellement, en couleur et à une échelle de lecture plus confortable.

Le cahier contient les cartes suivantes :

I. Cycle de développement parcellaire :

Découpage des îlots sur la base du plan Céard

Détail du découpage des îlots sur la base du plan Céard

Taux d'occupation du plan Grange

Taux d'occupation du plan Grange (détail)

Taux d'occupation de l'état actuel

Taux d'occupation de l'état actuel (détail)

Différence du taux d'occupation entre l'état actuel et le plan Grange

II. Densité hectométrique:

Secteur des Eaux-Vives : densification avant 1919

Secteur des Eaux-Vives : densification entre 1919 et 1960

Secteur des Eaux-Vives : densification entre 1961 et 1990

Secteur des Eaux-Vives : densification depuis 1991

Secteur de Vieusseux : densification avant 1919

Secteur de Vieusseux : densification entre 1919 et 1960

Secteur de Vieusseux : densification entre 1961 et 1990

Secteur de Vieusseux : densification depuis 1991

Secteur de Coligny: densification avant 1919

Secteur de Coligny: densification entre 1919 et 1960

Secteur de Coligny: densification entre 1961 et 1990

Secteur de Coligny: densification depuis 1991

III. Indice de forme parcellaire, asymétrie:

Asymétrie des parcelles du plan Billon

Asymétrie des parcelles du plan Grange

Asymétrie des parcelles de l'état actuel

Cycle de développement parcellaire

Découpage des îlots sur la base du plan Céard

Détail du découpage des îlots sur la base du plan Céard

Taux d'occupation du plan Grange

Taux d'occupation du plan Grange (détail)

Taux d'occupation de l'état actuel

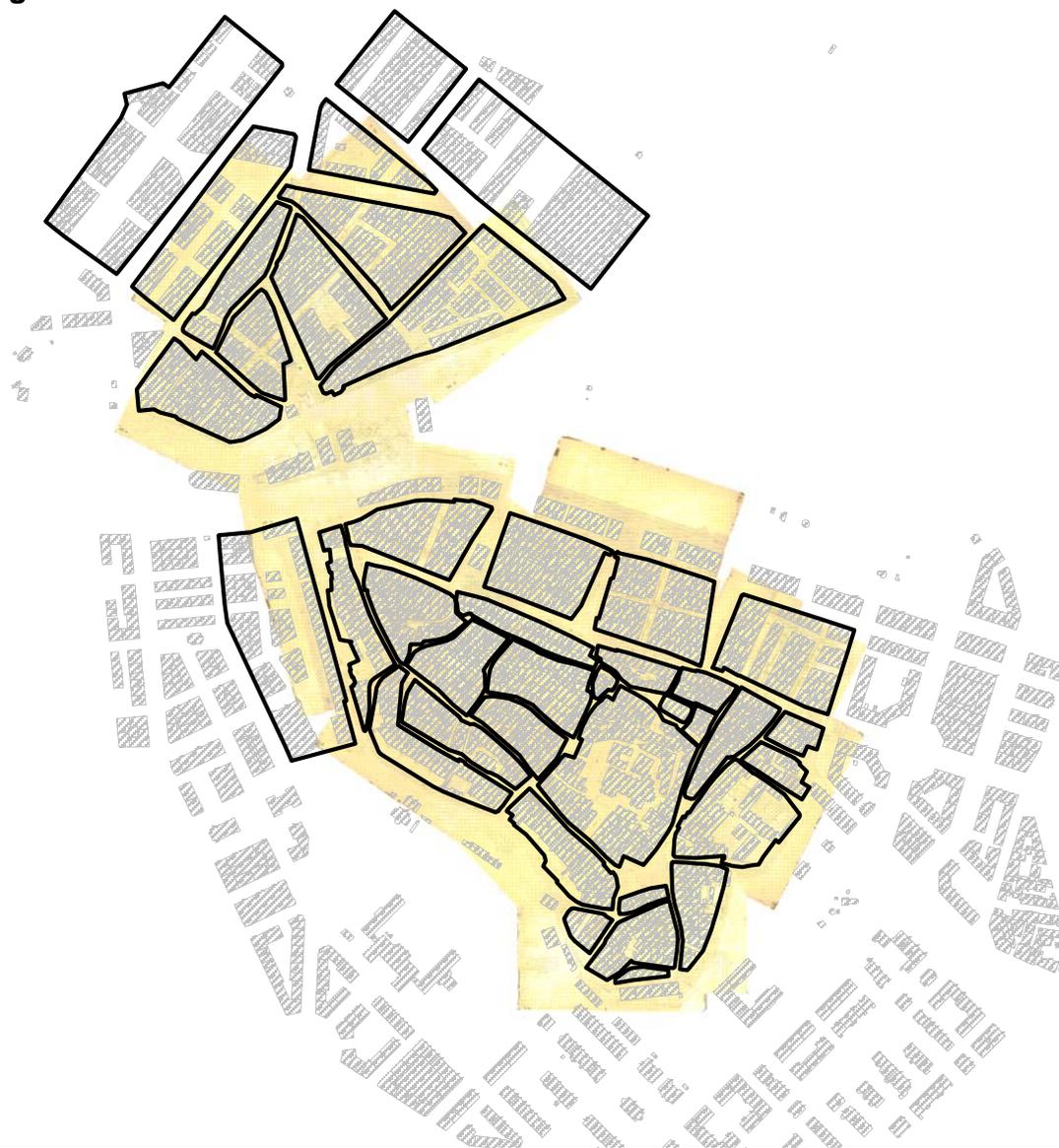
Taux d'occupation de l'état actuel (détail)

Différence du taux d'occupation entre l'état actuel et le plan Grange

Genève
Découpage des îlots
Plan Céard et bâtiments Grange



0 200m



Genève
Découpage des îlots (détail)
Plan Céard et bâtiments Grange



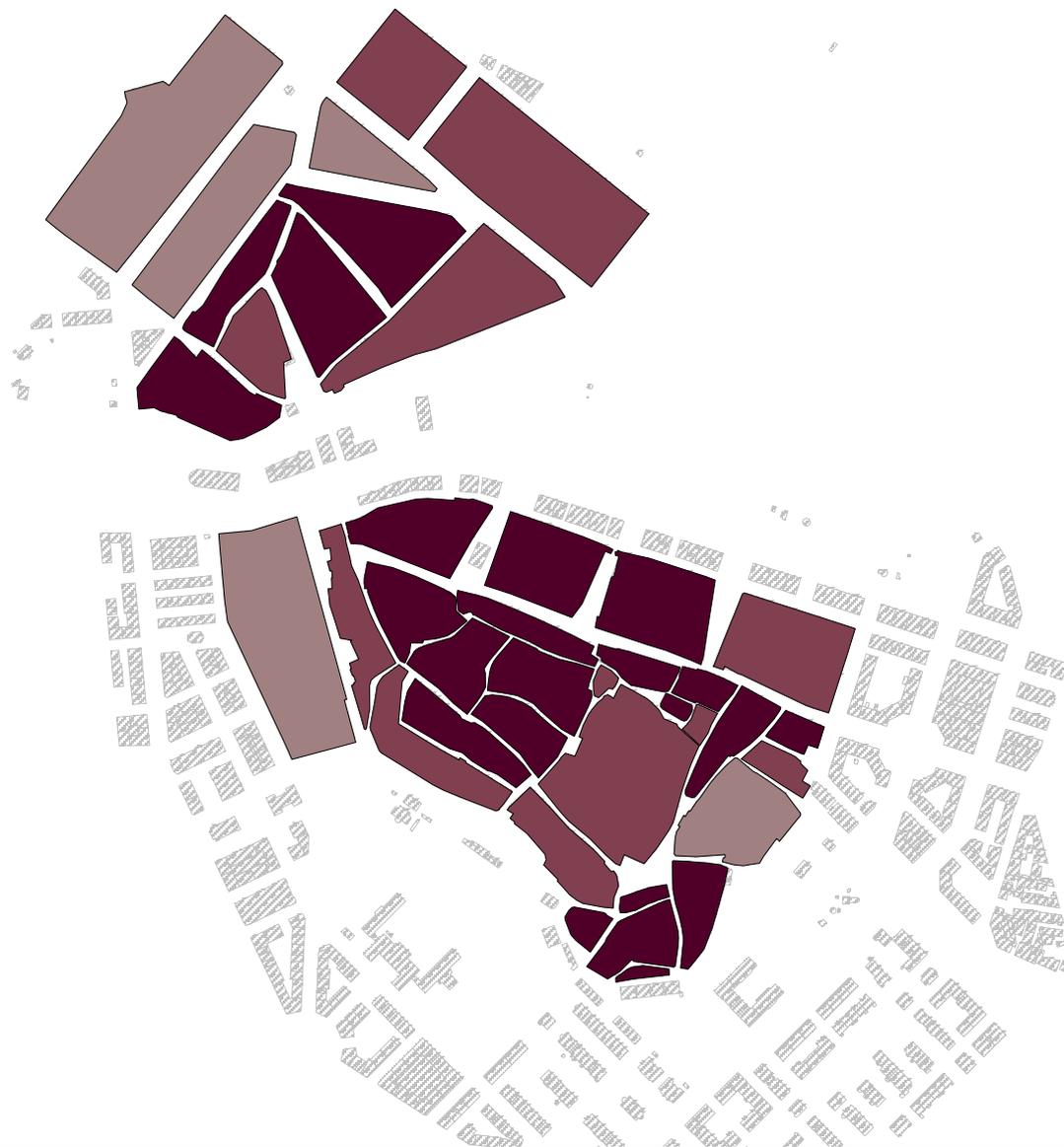
Genève
Plan Grange



0 200m

Taux d'occupation des îlots
en %

-  80 to 100
-  60 to 80
-  40 to 60
-  20 to 40
-  0 to 20



Genève
Plan Grange
Détail



0 50m



Genève
Etat actuel



0 200m

Taux d'occupation des ilots
en %

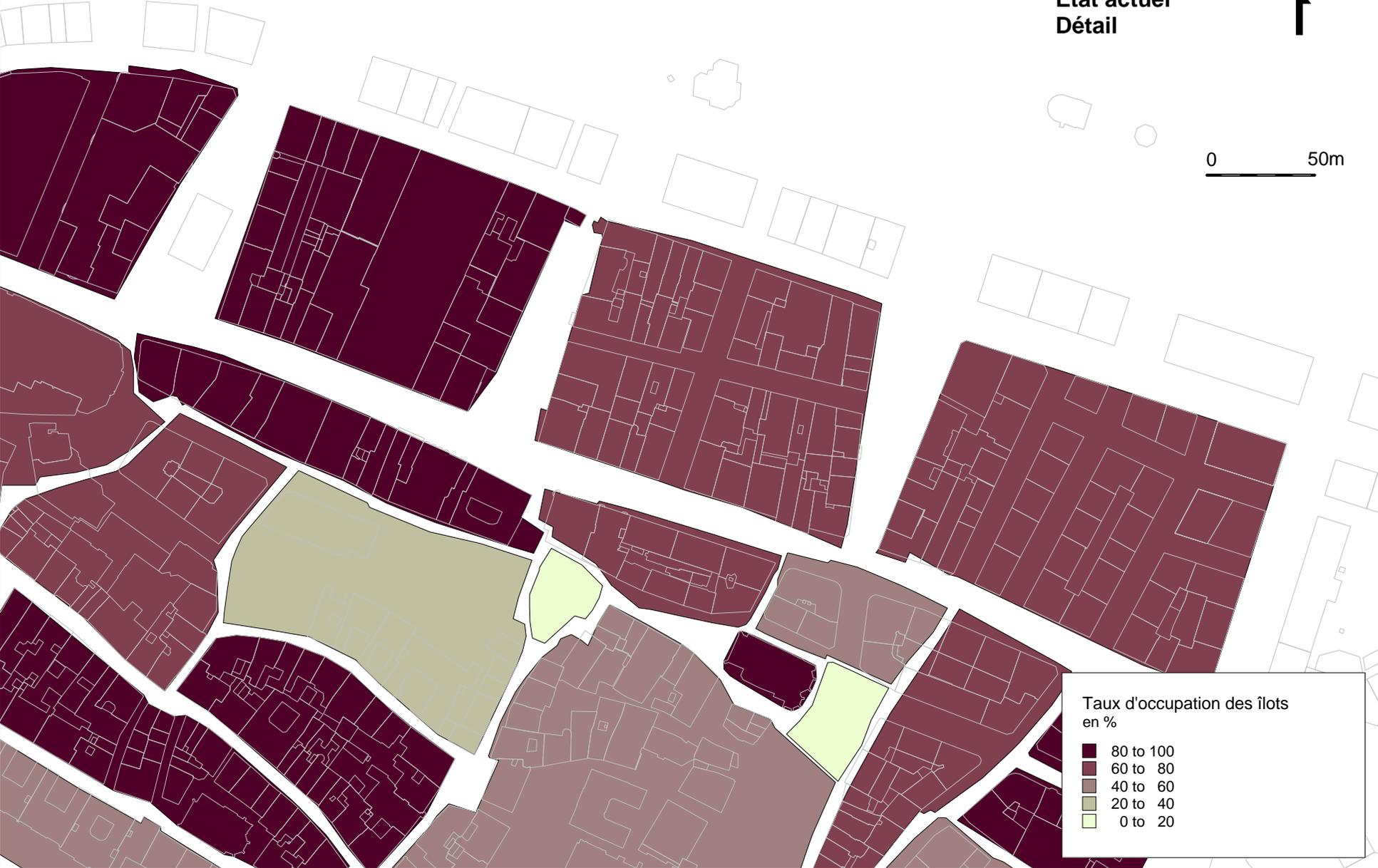
-  80 to 100
-  60 to 80
-  40 to 60
-  20 to 40
-  0 to 20



Genève
Etat actuel
Détail



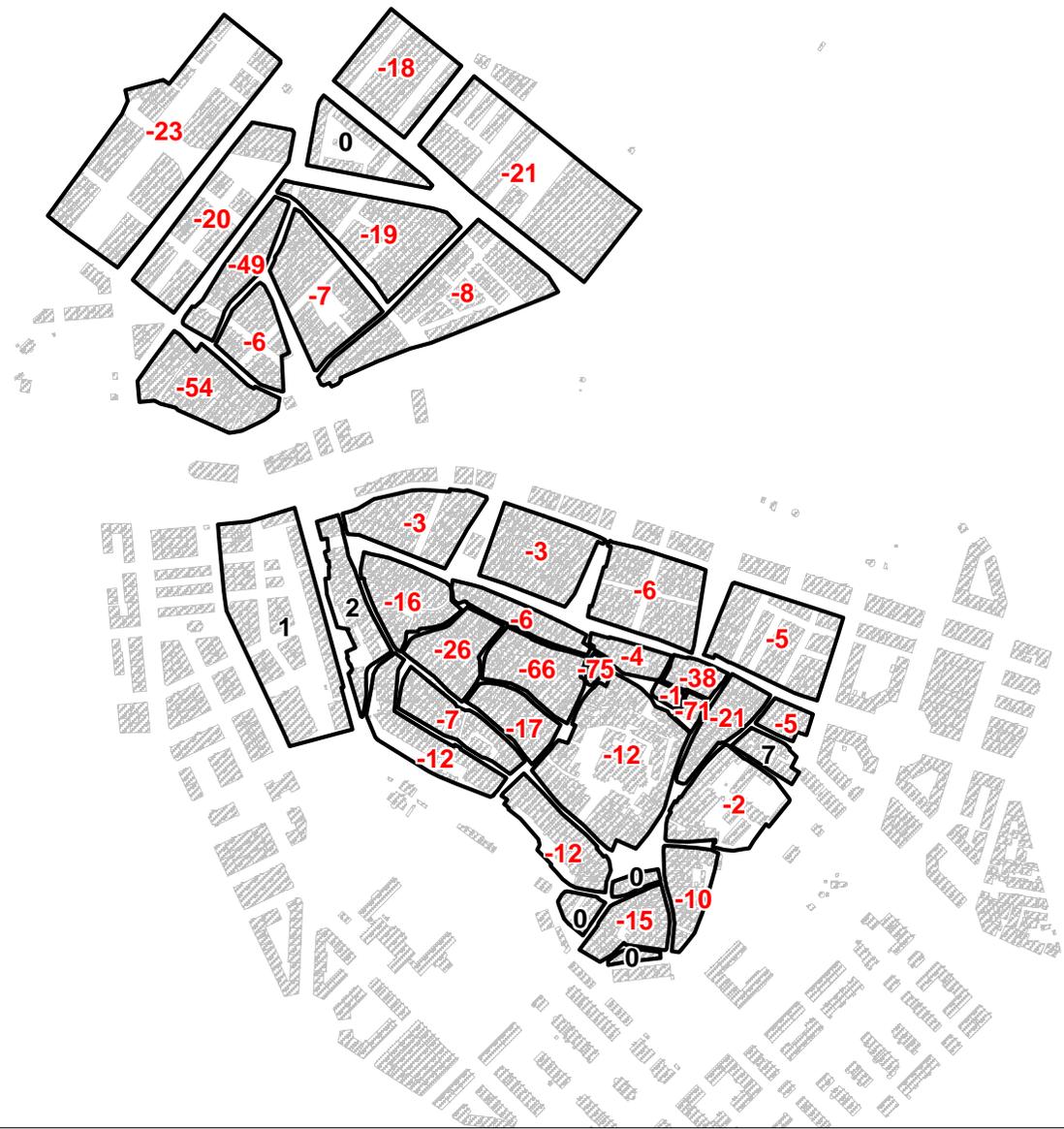
0 50m



Genève
Différence du taux d'occupation en %
Etat actuel - Grange



0 200m



Densité hectométrique

Secteur des Eaux-Vives : densification avant 1919

Secteur des Eaux-Vives : densification entre 1919 et 1960

Secteur des Eaux-Vives : densification entre 1961 et 1990

Secteur des Eaux-Vives : densification depuis 1991

Secteur de Vieusseux : densification avant 1919

Secteur de Vieusseux : densification entre 1919 et 1960

Secteur de Vieusseux : densification entre 1961 et 1990

Secteur de Vieusseux : densification depuis 1991

Secteur de Cognoy: densification avant 1919

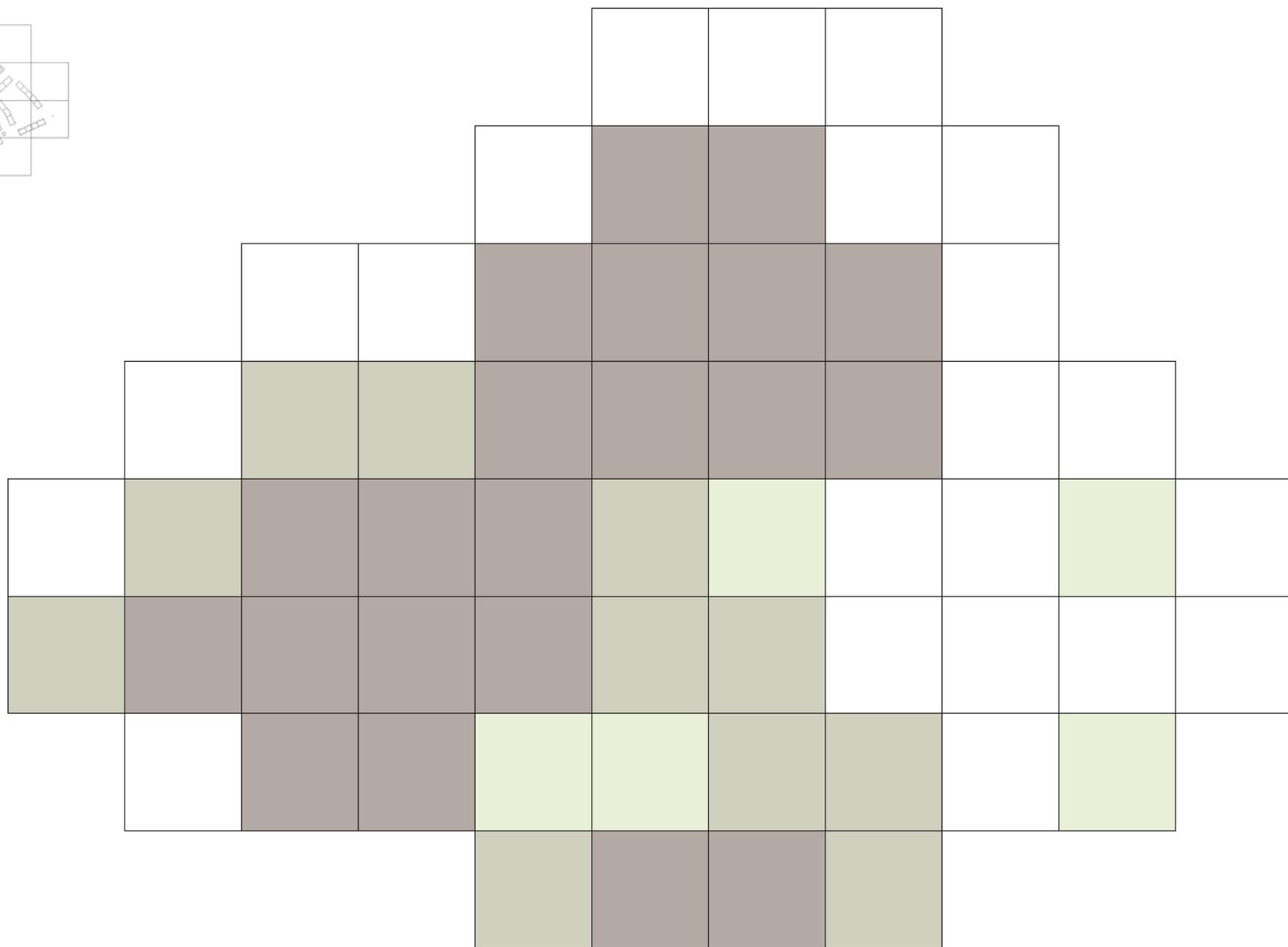
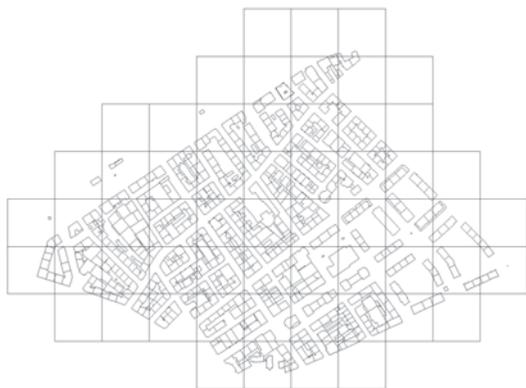
Secteur de Cognoy: densification entre 1919 et 1960

Secteur de Cognoy: densification entre 1961 et 1990

Secteur de Cognoy: densification depuis 1991

Secteur Eaux-Vives

Densification avant 1919

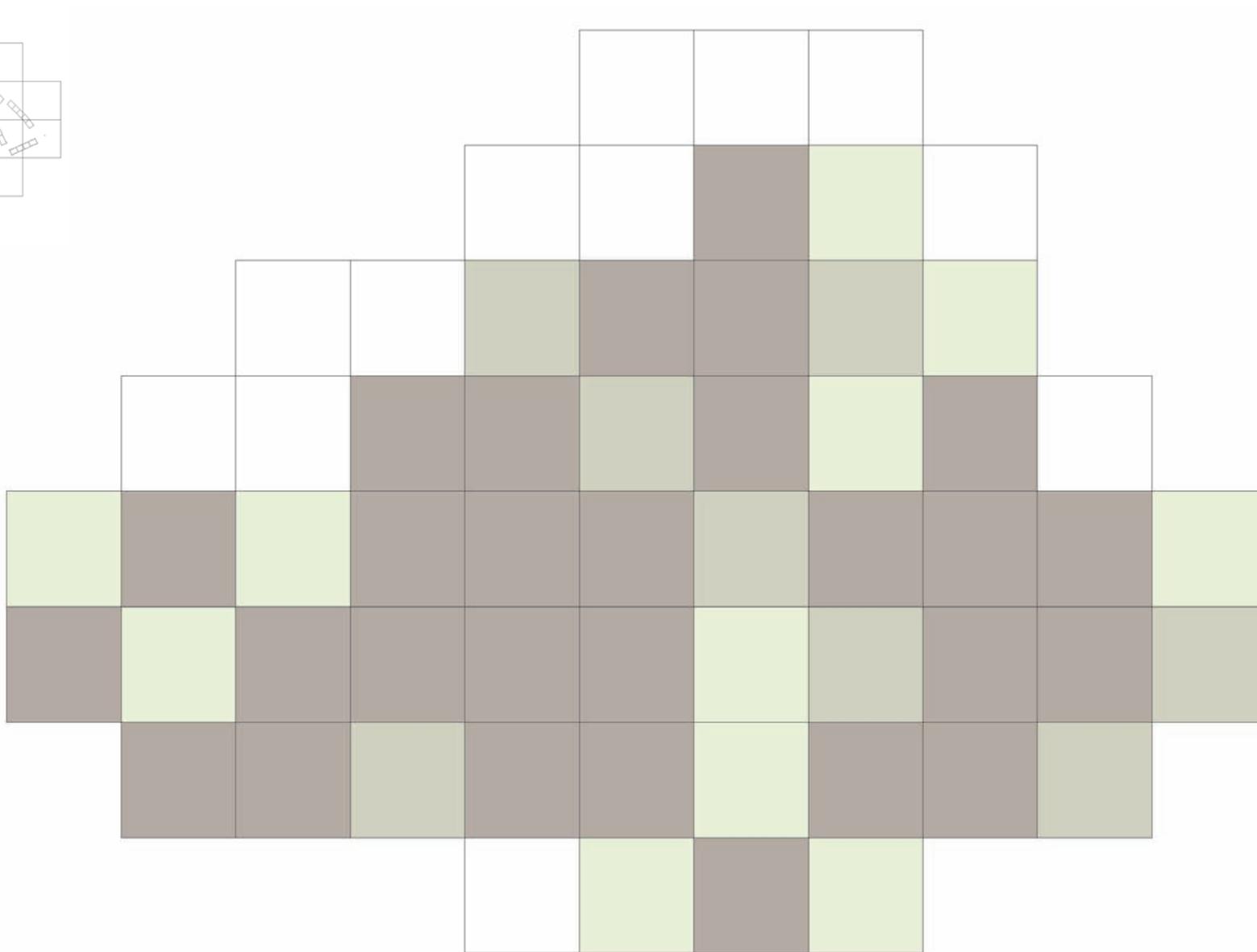
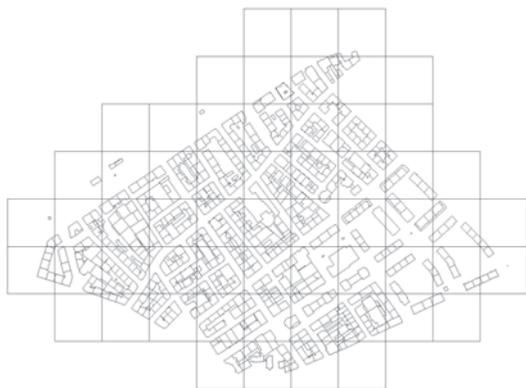


Densité hectométrique

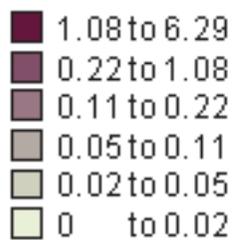
- 1.08 to 6.29
- 0.22 to 1.08
- 0.11 to 0.22
- 0.05 to 0.11
- 0.02 to 0.05
- 0 to 0.02

Secteur Eaux-Vives

Densification entre 1919 et 1960

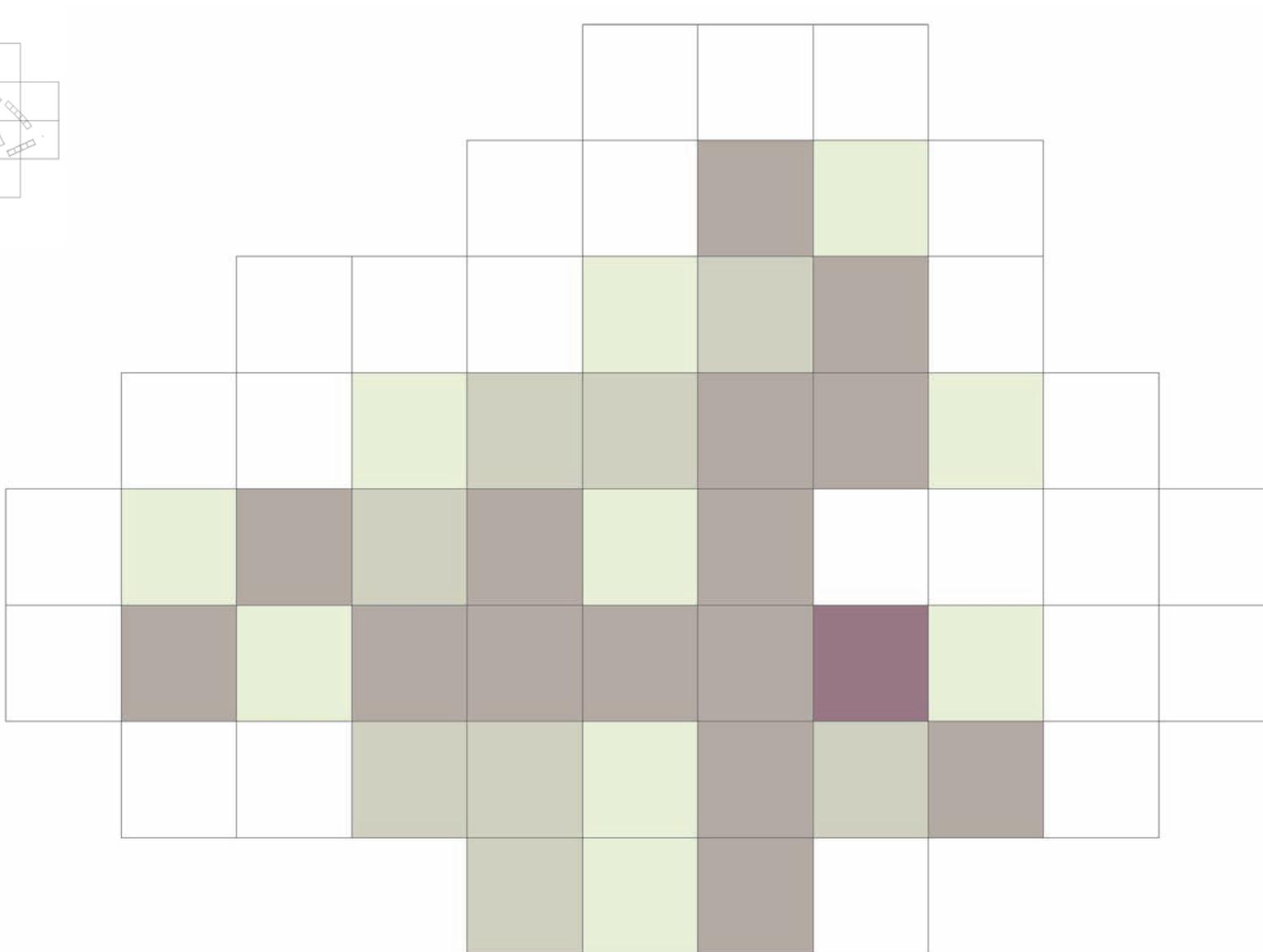
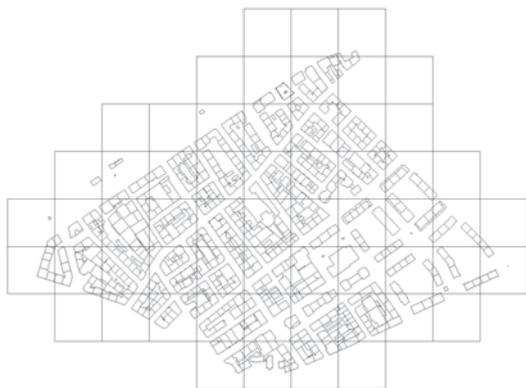


Densité hectométrique

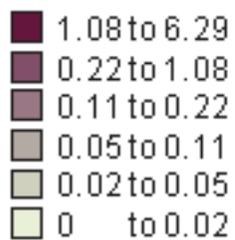


Secteur Eaux-Vives

Densification entre 1961 et 1990

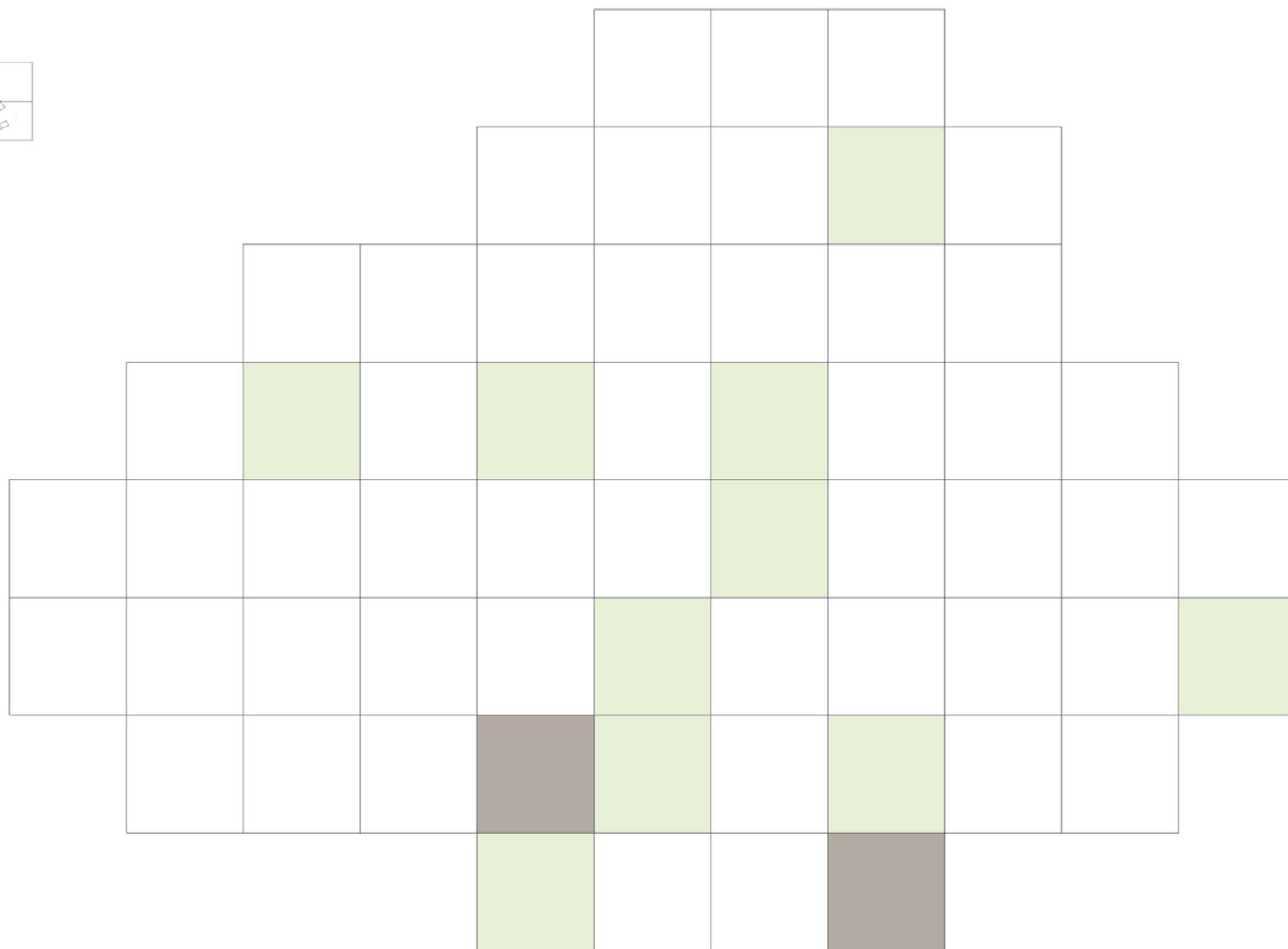
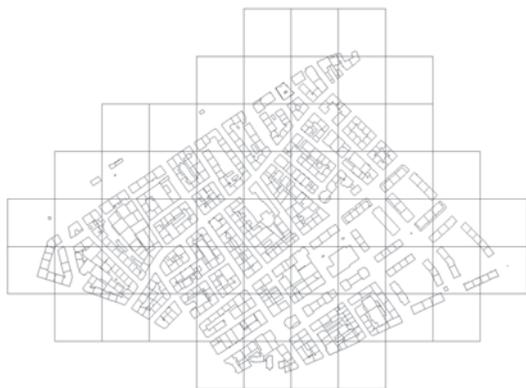


Densité hectométrique



Secteur Eaux-Vives

Densification depuis 1991

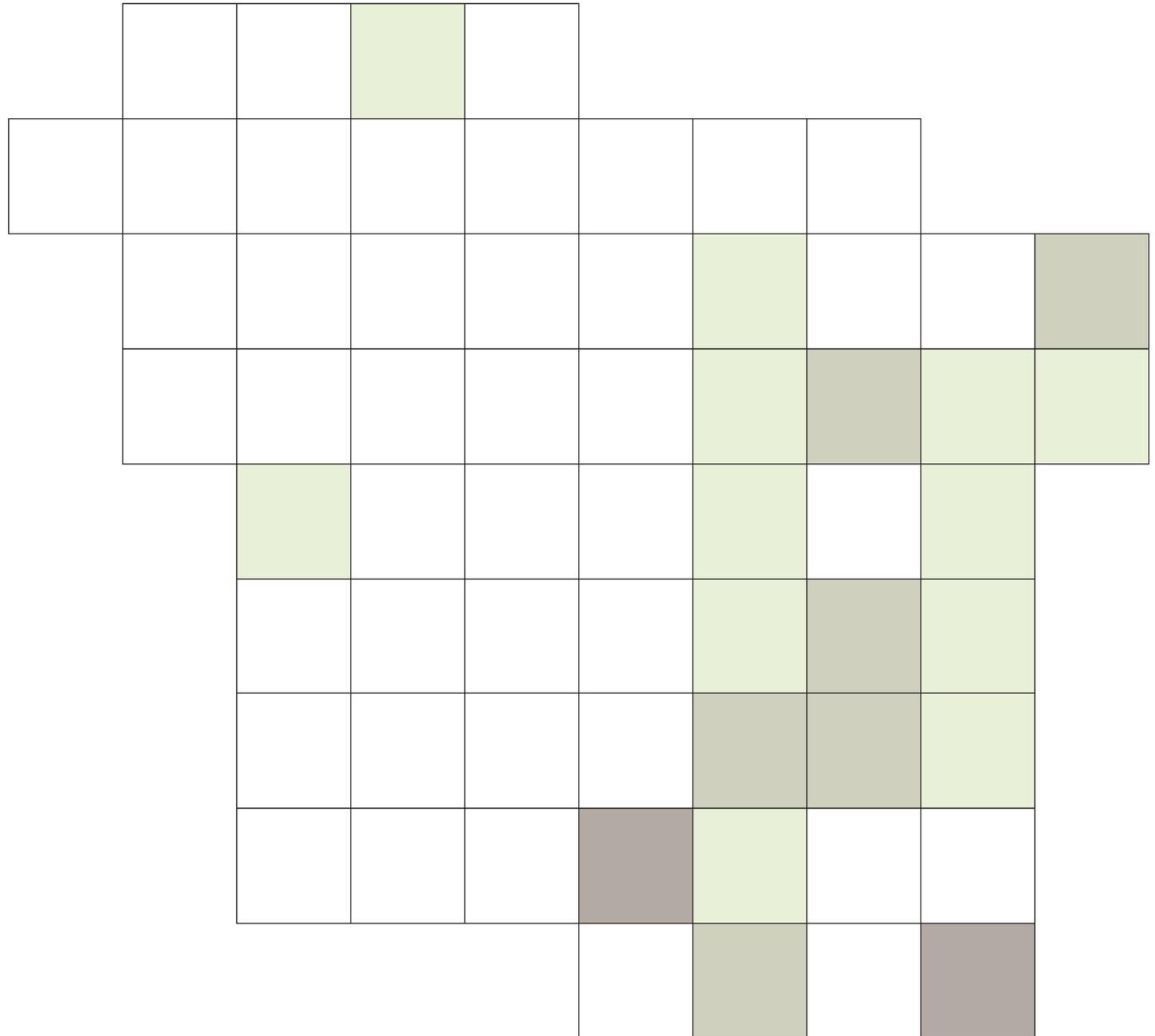


Densité hectométrique

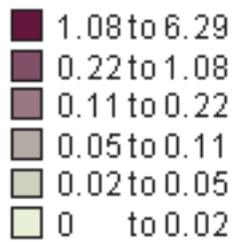
- 1.08 to 6.29
- 0.22 to 1.08
- 0.11 to 0.22
- 0.05 to 0.11
- 0.02 to 0.05
- 0 to 0.02

Secteur Vieusseux

Densification avant 1919

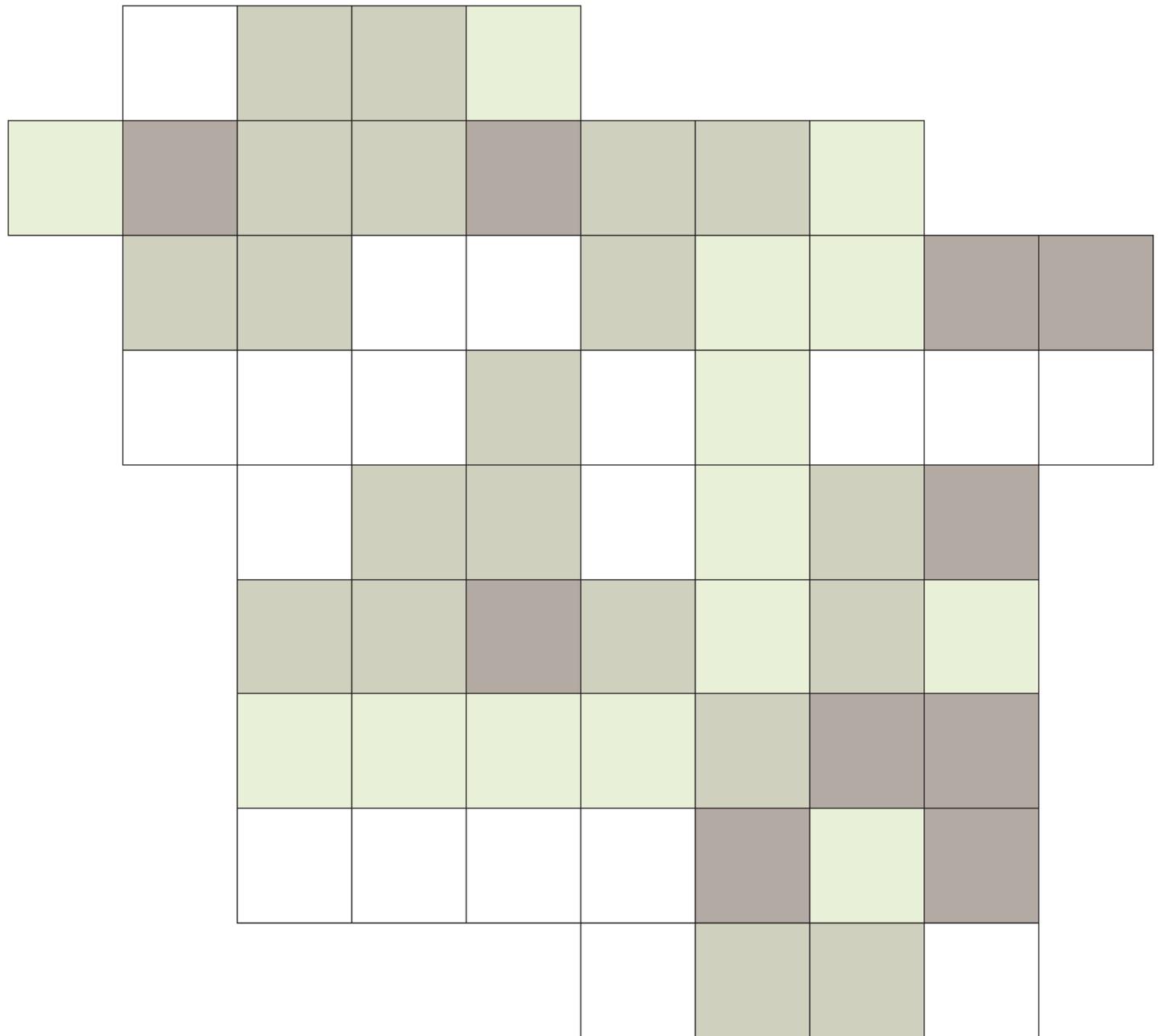


Densité hectométrique

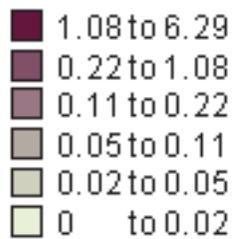


Secteur Vieusseux

Densification entre 1919 et 1960

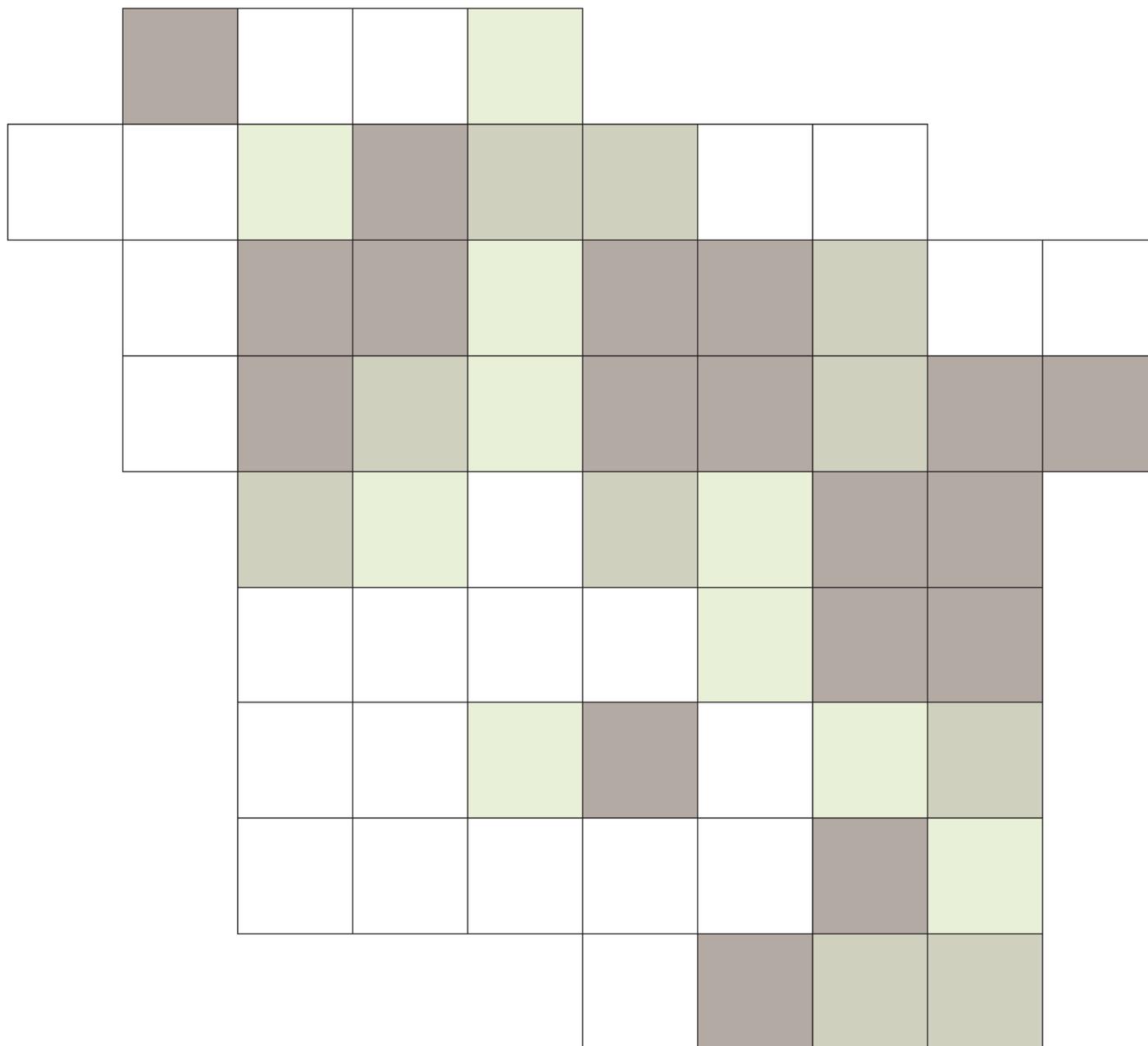


Densité hectométrique



Secteur Vieusseux

Densification entre 1961 et 1990

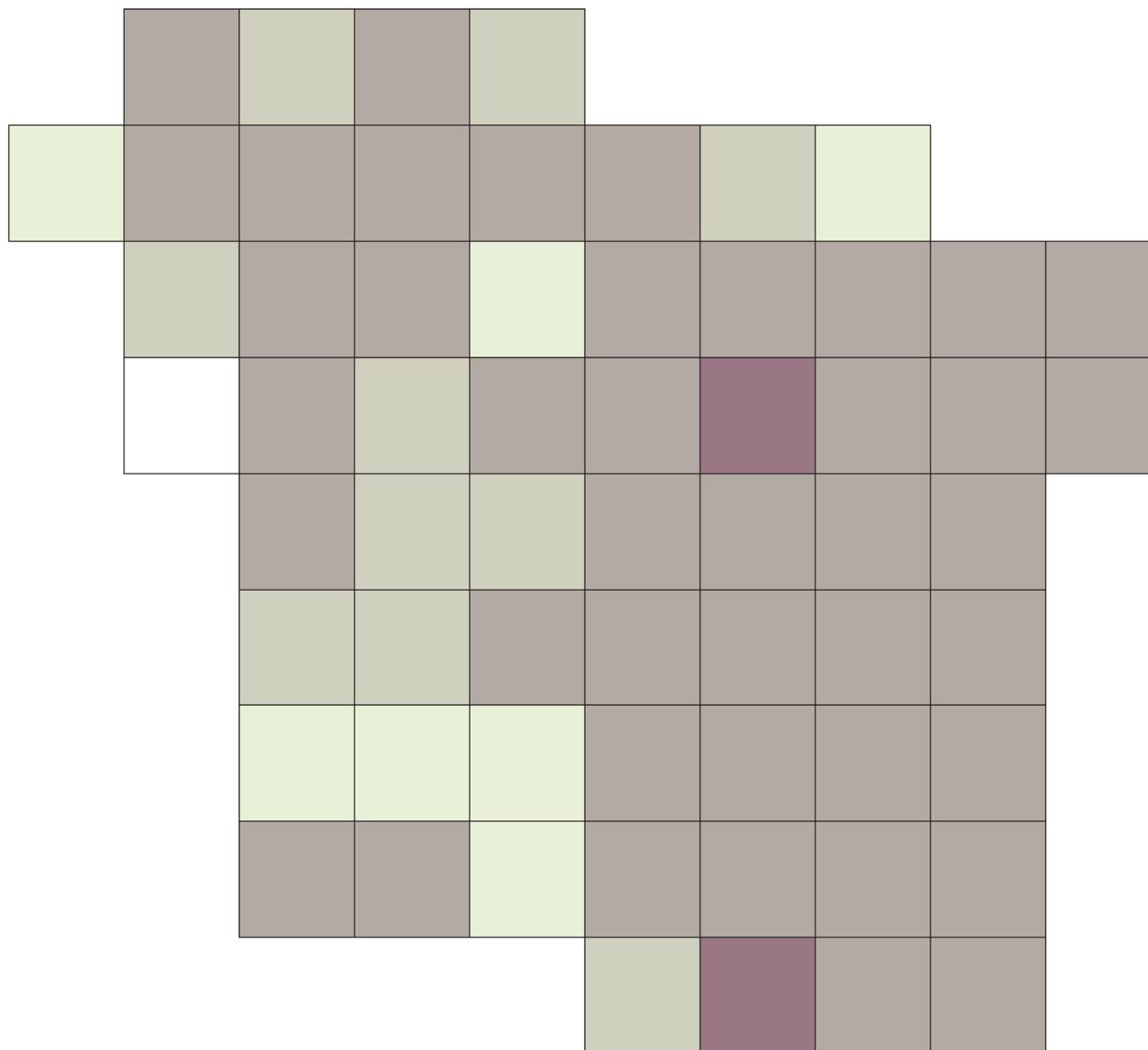


Densité hectométrique

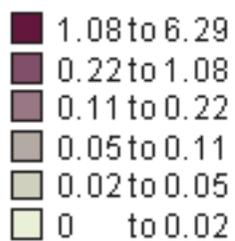
- 1.08 to 6.29
- 0.22 to 1.08
- 0.11 to 0.22
- 0.05 to 0.11
- 0.02 to 0.05
- 0 to 0.02

Secteur Vieusseux

Densification depuis 1991

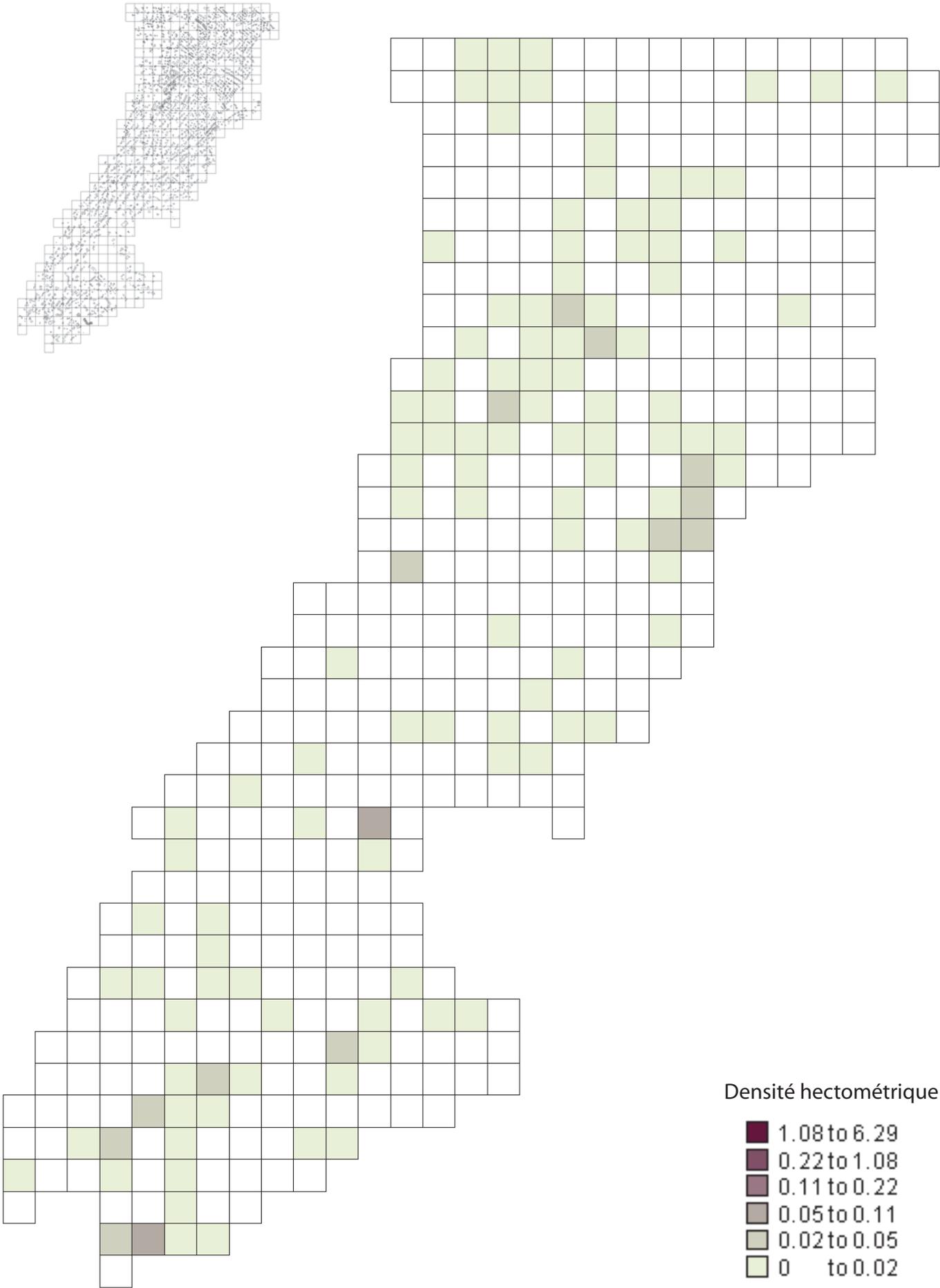


Densité hectométrique



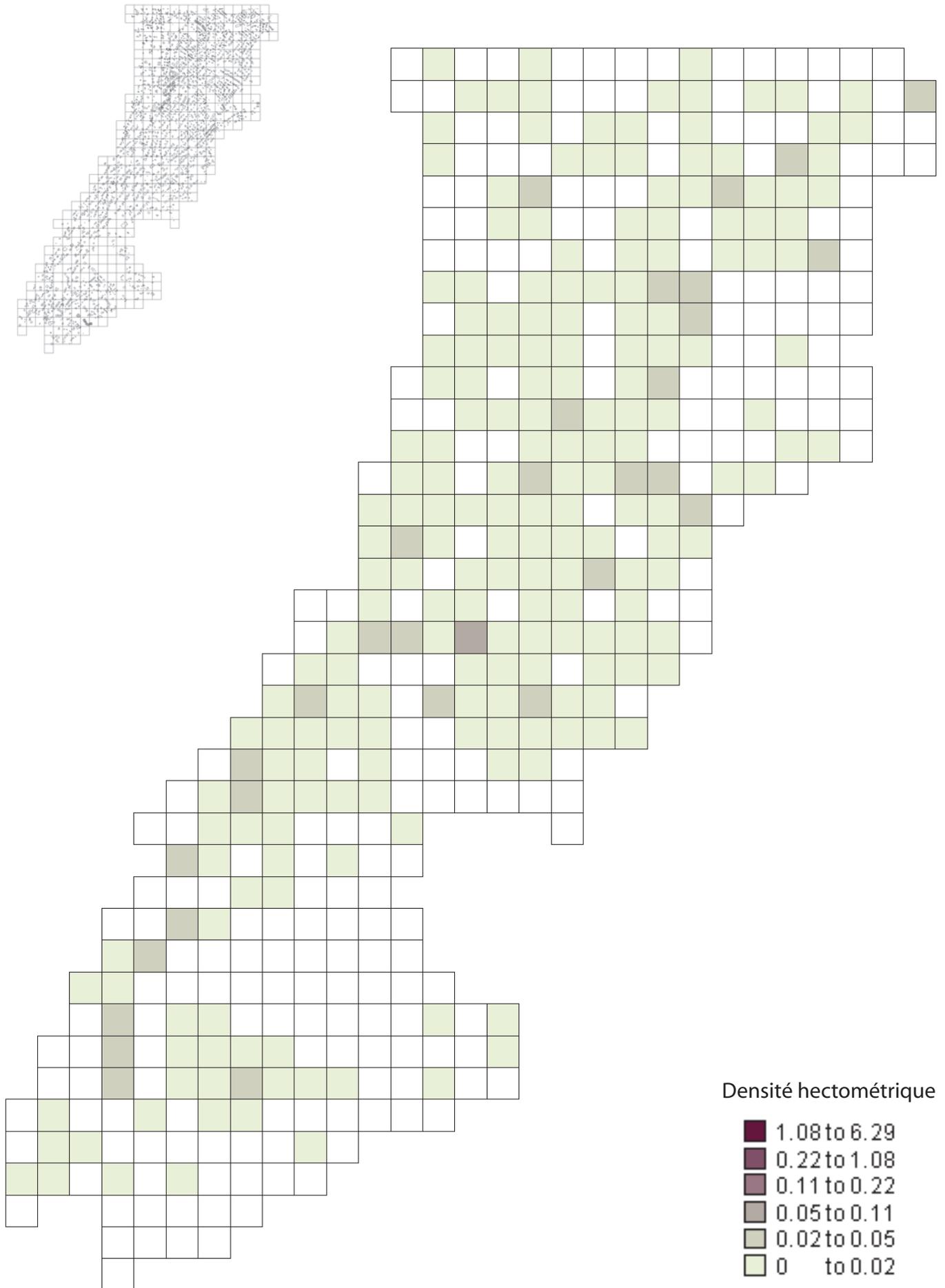
Secteur Coligny

Densification avant 1919



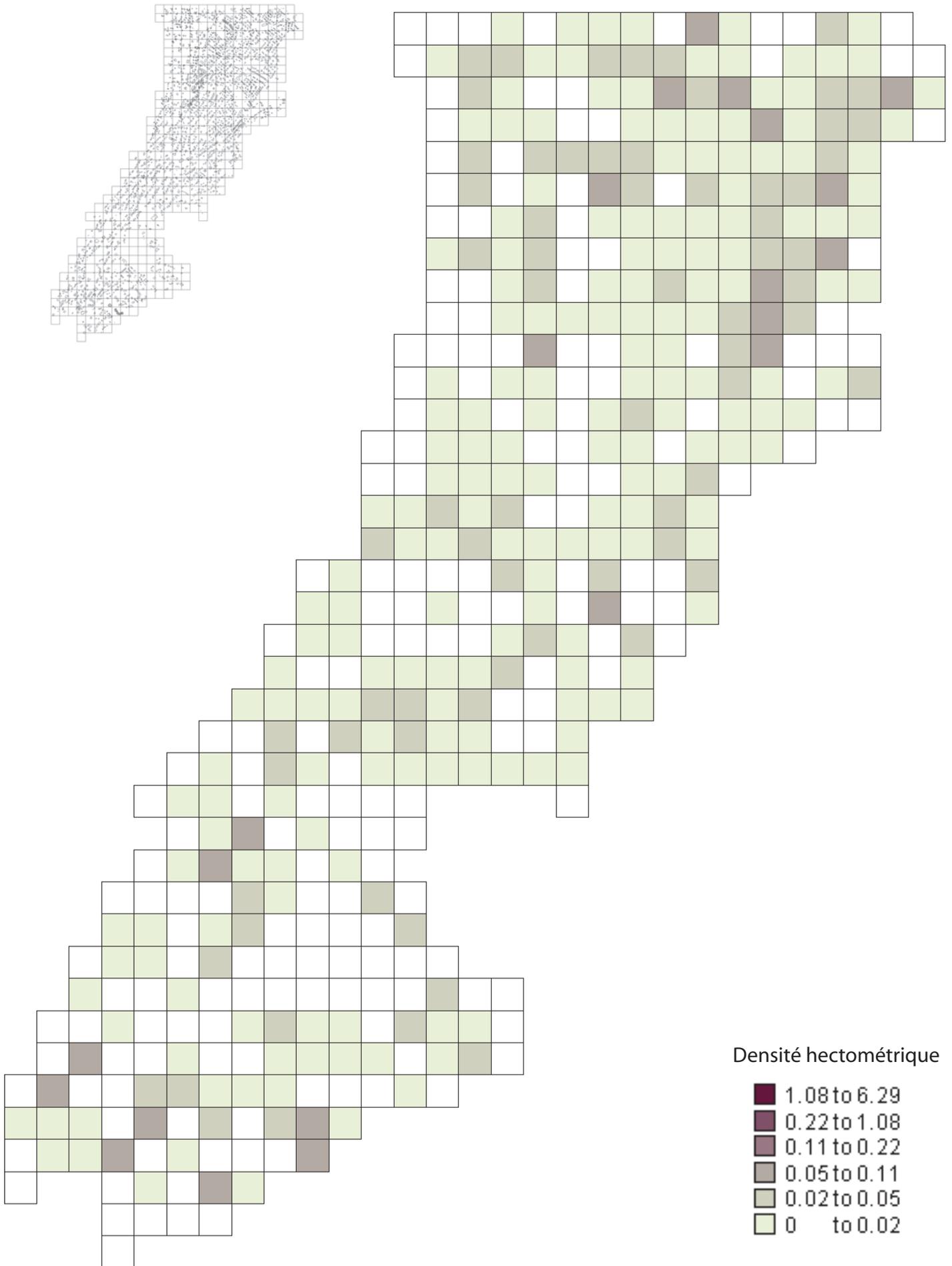
Secteur Cologny

Densification entre 1919 et 1960



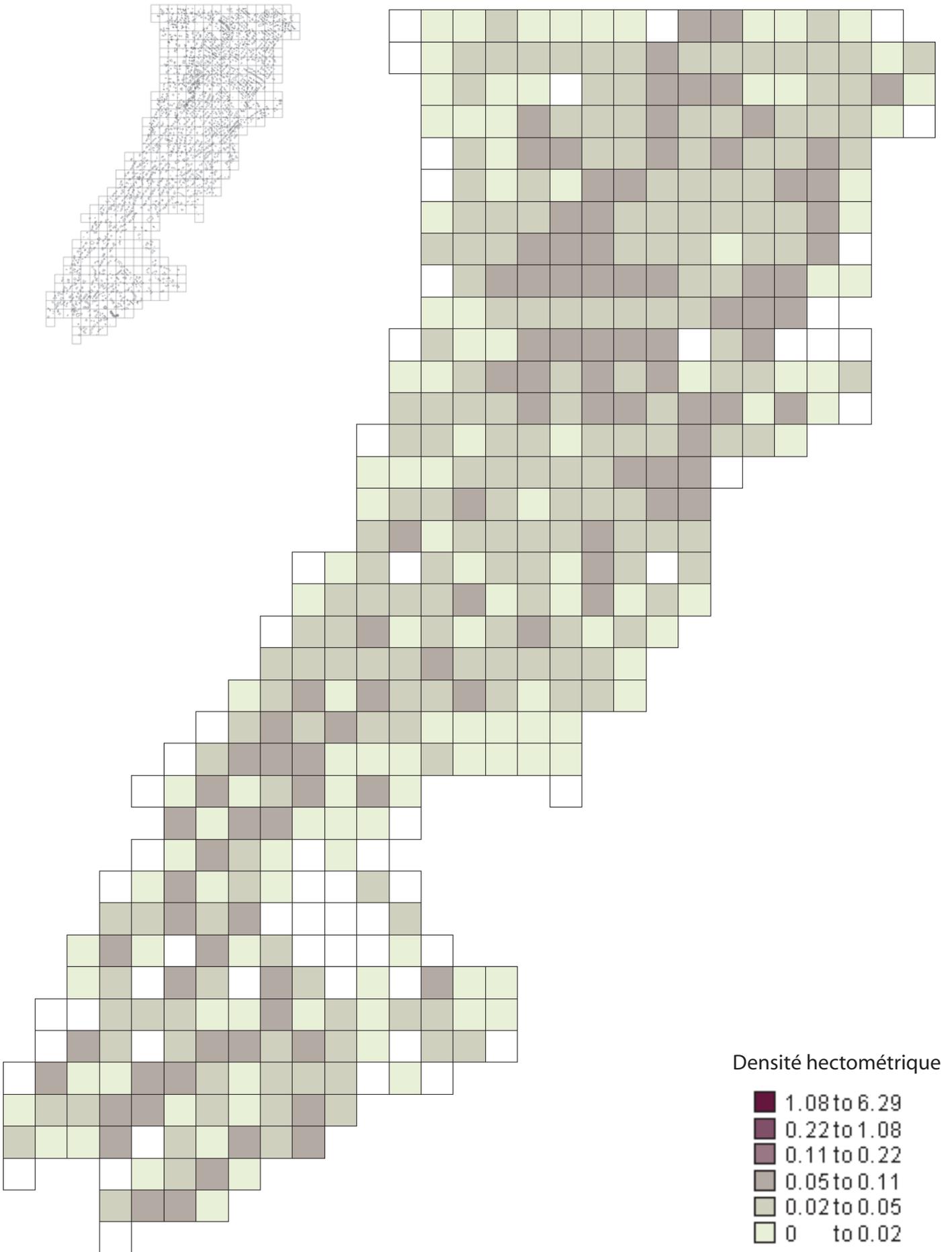
Secteur Coligny

Densification entre 1961 et 1990



Secteur Coligny

Densification depuis 1991



Indice de forme parcellaire, asymétrie

Asymétrie des parcelles du plan Billon

Asymétrie des parcelles du plan Grange

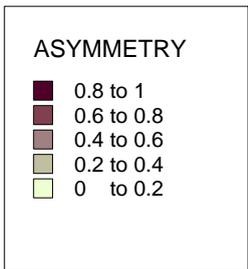
Asymétrie des parcelles de l'état actuel

Genève
Plan Billon

Indice de forme parcellaire
(asymétrie)



0 200m

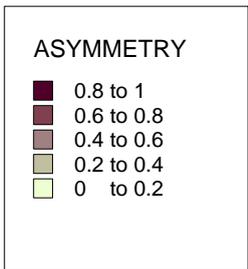


Genève
Plan Grange

Indice de forme parcellaire
(asymétrie)



0 200m



Genève
Etat actuel

Indice de forme parcellaire
(asymétrie)



0 200m

ASYMMETRY

- 0.8 to 1
- 0.6 to 0.8
- 0.4 to 0.6
- 0.2 to 0.4
- 0 to 0.2





Eduardo Camacho-Hübner

BUREAU

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
Groupe d'étude de la spatialité des risques
BP / Station 16
1015 Lausanne
Suisse

TÉLÉPHONE

+41 21 6938069

ADRESSE ÉLECTRONIQUE

eduardo.camacho-huebner@epfl.ch

WEB

<http://personnes.epfl.ch/ecamacho>

DOMICILE

Avenue de la Gare 28
1022 Chavannes-près-Renens
Suisse

TÉLÉPHONE

+41 21 6359839
+41 78 9194013

Profil et compétences

Né le 27 septembre 1973, marié, deux enfants
Nationalités française et bolivienne, permis C

PRINCIPAUX DOMAINES D'INTÉRÊT ET D'EXPERTISE

Mobilité, transports, aménagement, urbanisme et histoire urbaine

Management de projet et négociation

Géo-cognition: systèmes d'information géographique; bases de connaissances, ontologies et bases de données; outils d'analyse spatiale et d'analyse sémantique de contenus

COMMUNICATION

Edition et présentation multimédia (image, vidéo, texte, web)

Langues: bilingue français - espagnol; anglais: courant; allemand et japonais: bases

Expérience

COLLABORATEUR SCIENTIFIQUE — POST-DOC — 2008 - 2009

Groupe d'étude de la spatialité des risques (ESpRi), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse

COLLABORATEUR SCIENTIFIQUE ET DOCTORANT — 2004 - 2008

Laboratoire de systèmes d'information géographique (LaSIG) et laboratoire d'histoire de la ville et de la pensée urbanistique (LHVPU), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse

“Traduction des opérations de l'analyse historique dans le langage conceptuel des SIG pour une exploration des processus morphologiques de la ville et du territoire”

CHARGÉ DE COURS — DÈS 2002

Sections d'architecture et de sciences et ingénierie de l'environnement, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse

- Sciences de la Ville: cours théorique et projet cinématographique (dès 2005)
- Semaine ENAC: projeter ensemble les espaces publics contemporains (2005-2007)
- Module aménagement de l'espace: volet transports et mobilité (2003-2004)
- Unité d'enseignement: Aménagement urbain, mobilité et environnement (2002-2006)

INGÉNIEUR D'ÉTUDES — 1999-2003

Citec ingénieurs-conseils; Genève, Suisse

- Planification, aménagement et modélisation de transports urbains
- Etudes d'impact sur l'environnement et observatoire des déplacements

Formation

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse — Doctorat ès Sciences, 2009

Institut d'Architecture de l'Université de Genève, Suisse — DEA Urbanisme et aménagement du territoire, 2003

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse — Diplôme d'ingénieur Civil, 1999

Autres responsabilités exercées

Membre du comité de rédaction de la revue *EspacesTemps.net*, 2005-2006:
www.espacestemp.net

Co-fondateur et membre du comité de pilotage du projet Dia-Logos, dès 2005:
www.dia-logos.org

Loisirs, sports et vie associative

Photographie: président du club photo de l'EPFL, 2004-2005
<http://gallery.mac.com/bibouze>

Voyages, gastronomie, écriture, cinéma, squash & escrime



Eduardo Camacho-Hübner

BUREAU

École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Groupe d'étude de la spatialité des risques
BP / Station 16
1015 Lausanne
Suisse

TÉLÉPHONE

+41 21 6938069

ADRESSE ÉLECTRONIQUE

eduardo.camacho-huebner@epfl.ch

WEB

<http://personnes.epfl.ch/ecamacho>

DOMICILE

Avenue de la Gare 28
1022 Chavannes-près-Renens
Suisse

TÉLÉPHONE

+41 21 6359839

+41 78 9194013

Principales publications et communications scientifiques

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2008, "La ville: objet complexe et données simples. Quelques points de vue sur la réduction de la connaissance historique de la ville et du territoire". In JOOST, S. et al. (Eds.) *De la physique expérimentale aux sciences et systèmes de l'information géographique*, pages 59-68. EPFL - LaSIG, Lausanne (provisoire).

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2008, "Ontologies evolution: from social sciences' needs to interoperability opportunities". Communication au 3rd Meeting of the Comitato scientifico italo-svizzero per la geoinformazione - Les Marécottes, pages 79-88. ETHZ - Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Bericht 305. Zürich.

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2008, "Emerging processes: exploring morphological knowledge with a generic concept". Communication à l'Association of American Geographers Annual Meeting 2008, Boston.

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2007, "De l'interdisciplinaire comme paradigme de recherche". *EspacesTemps.net*, Actuel, 10.12.2007 <http://espacestemps.net/document3842.html>

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, OUREDNIK André, 2007, "L'espace public comme une topologie". *EspacesTemps.net*, Textuel, 31.10.2007 <http://espacestemps.net/document3583.html>

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, GOLAY François, 2007, "Preliminary insights on continuity and evolution of concepts for the development of an urban morphological process ontology". In TELLER, J. et al. (Eds.) *Ontologies for Urban Development*, Studies in Computational Intelligence, pages 95-107. Springer Verlag, Berlin.

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2007, "Understanding the territory as a semantic tool for analysing historical, political and economic processes". Communication à l'Association of American Geographers Annual Meeting 2007, San Francisco.

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, GOLAY François, 2006, "Continuity and evolution of ontologies for urban morphological processes". Communication au congrès COST Ontologies for Urban Development 2006, Genève.

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2006, "Synchronic and diachronic approaches in Urban Morphology: a rough guide to interpretation process modeling". Communication au congrès *Nordic and International Urban Morphology: Distinctive and Common Themes*, ISUF 2006, Stockholm.

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2006, "The historical interpretation paradigm and the use of spatio-temporal information on urban morphology process modeling". Communication au *RGS-IBG Annual International Conference 2006*, London.

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2006, "« Ne faites pas semblant... » !". *EspacesTemps.net*, Il paraît, 17.04.2006 <http://espacestemps.net/document1950.html>

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2006, "– Je suis Mxx, et toi ? – Moi ? Xiiimxv". *EspacesTemps.net*, Mensuelles, 03.03.2006 <http://espacestemps.net/document1867.html>

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2005, "How to archive numerical data from ordnance survey for the purpose of morphological analysis". Communication au congrès *Tradition and Modernity in Urban Form*, ISUF 2005, London.

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2005, "Facéties de la visagéité". *EspacesTemps.net*, Mensuelles, 11.07.2005 <http://espacestemps.net/document1493.html>

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2005, "Event: a concept for morphological interdisciplinary constructions". Communication à l'Inaugural Nordic Geographers Meeting 2005, Lund.

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2005, "Jaseurs, tsunamis et décalage négatif de la connaissance". *EspacesTemps.net*, Mensuelles, 15.03.2005 <http://espacestemps.net/document1183.html>

CAMACHO-HÜBNER Eduardo, 2004, "A time-oriented approach to geographic information systems (GIS) and urban morphology interfaces". Communication au congrès IGC-UK 2004, Glasgow.



Eduardo Camacho-Hübner

BUREAU

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
Groupe d'étude de la spatialité des risques
BP / Station 16
1015 Lausanne
Suisse

TÉLÉPHONE

+41 21 6938069

ADRESSE ÉLECTRONIQUE

eduardo.camacho-huebner@epfl.ch

WEB

<http://personnes.epfl.ch/ecamacho>

DOMICILE

Avenue de la Gare 28
1022 Chavannes-près-Renens
Suisse

TÉLÉPHONE

+41 21 6359839

+41 78 9194013

Principales expériences professionnelles

AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, URBANISME ET ÉTUDES D'IMPACT

Lignes directrices de la région de Nyon, projet d'aménagement du territoire, Lausanne (2004-2006)

Friche industrielle de Tavano, projet de réhabilitation et étude d'impact sur l'environnement, Genève (2001-2003)

Secteur de Pré-Bois, projet de développement et étude d'impact sur l'environnement, Genève (2001-2003)

Plan de site de Grange-Canal, étude d'accessibilité, Genève (2002)

Domaine du Grand-Malagny, étude d'impact sur l'environnement du projet de développement, Genève (1999-2002)

Voie Cottier, étude de variantes et analyse des impacts sur le futur plan directeur de la commune de Troinex, Genève (2000-2001)

Gravières des Champs Pointus, étude de circulation en complément à l'étude d'impact sur l'environnement liée au plan d'extraction, Genève (2001)

Parking P48 (Palexpo), étude d'impact et de circulation, Genève (2000)

Mise en évidence des impacts liés à la réalisation d'un plan localisé de quartier, PLQ « Les Chênes », étude de circulation, Genève (1999-2000)

Mise en évidence des impacts liés à l'implantation d'un centre commercial à proximité de l'autoroute, étude de circulation, Genève (1999)

MOBILITÉ ET OBSERVATOIRE DES DÉPLACEMENTS

Bouquet de transports, mise en place d'une politique de gestion intégrée du stationnement pour l'ensemble des services de la ville de Genève et création d'une base de données à référence spatiale, Genève (2001-2002)

Etablissement des données de base de l'observatoire des déplacements, Genève (2000-2002)

Jonction de Ferney, diagnostic de fonctionnement, Genève (2001)

Zone aéroportuaire, étude de la desserte en transports collectifs et utilisation de la route Douanière, Genève (2001)

Analyse de l'évolution du trafic sur le réseau autoroutier genevois entre 1990 et 2000 pour l'observatoire des déplacements, Genève (2001)

Responsable des aspects d'information géographique pour les mesures du temps de parcours de l'observatoire des déplacements, Genève (2000-2001)

Hypercentre – rive gauche, étude de stationnement, Genève (2000-2001)

Quartier de la Roseraie, étude de stationnement, Genève (2000-2001)

Identification du besoin P+R à la frontière franco-genevoise, St-Genis – Genève (2000)

Rue de la Corratierie, étude de stationnement, Genève (1999-2000)

AMÉNAGEMENT URBAIN

Place des Alpes, mise en place du projet de réaménagement, Genève (2001-2003)

Etude d'insertion et aménagement d'un carrefour sur la route de Lausanne, Genève (1999-2002)

Expertise du fonctionnement du carrefour entre les routes de Troinex et Marsillon et proposition d'aménagement, Genève (2001)

Espace-rue, étude de circulation pour l'aménagement d'un axe transfrontalier, Genève (2001)

Carrefour du Bouchet, étude d'aménagement dans le cadre de l'étude de planification du tram Cornavin – Meyrin - CERN (TCMC), Genève (2000)

Analyse d'accidentologie et préparation du dossier de demande de mise en zone 30 à Chancy, Genève (2000)

Analyse d'accidentologie et préparation du dossier de demande de mise en zone 30 à Chêne-Bougeries, Genève (2000)