



**HAL**  
open science

## Autosimilarité et autoréférence en urbanisme. Quelques exemples ...

Dominique Badariotti

► **To cite this version:**

Dominique Badariotti. Autosimilarité et autoréférence en urbanisme. Quelques exemples .... 2005, pp.1-9. halshs-00116872

**HAL Id: halshs-00116872**

**<https://shs.hal.science/halshs-00116872>**

Submitted on 28 Nov 2006

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **Auto-similarité et auto-référence en urbanisme.**

### **Quelques exemples...**

**Dominique Badariotti**  
**Laboratoire SET, Université de Pau et des Pays de l'Adour**

A la fois corps social, entité fonctionnelle et construction architecturale, la ville est un objet complexe émergent, apparu en l'espace de quelques milliers d'années dans plusieurs foyers de civilisations au niveau du globe suite à la révolution agricole du néolithique. Ce type d'organisme s'est par la suite multiplié de par le monde, tout en se transformant et en se modifiant. La nécessité de s'adapter aux nouvelles technologies mises en œuvre par l'humanité et le besoin de mieux correspondre aux nouvelles attentes, aux nouveaux besoins et aux nouveaux modes de vie de ses habitants a représenté un puissant moteur de changement.

Certains auteurs distinguent l'*urbs*, la part physique de la ville, de la *polis*, la part sociétale, dans une vision analytique classique, qui a besoin de segmenter la touffeur de l'organisme urbain pour l'étudier. Mais *urbs* et *polis* ne sont que deux représentations du même organisme et ont de ce fait subi un même destin : la ville physique s'est modifiée, mais la ville sociétale a changé aussi, au long des millénaires. Ainsi s'exprime la morphogénèse urbaine : un changement de fond se traduit aussi par un changement de forme, à plus ou moins brève échéance.

*Urbs* et *polis* ont donc évolué progressivement et se sont métamorphosés, au cours des siècles. Les données architecturales et urbaines d'origine ont été profondément transformées durant ce long exercice d'adaptation, qui a pu durer près de 10 000 ans pour les villes les plus anciennes : hormis quelques vestiges, que reste-t-il à Jéricho ou à Ur de la fondation urbaine néolithique ? Que reste-t-il à Bagdad de l'antique Babylone ? Et à Rome de l'ancienne capitale d'empire ? Pourtant, cette métamorphose n'a pas tout déconstruit et tout effacé : de nombreux aspects demeurent malgré les changements. Notamment, une chose remarquable demeure : c'est que la plupart de ces villes se sont transformées sur le même lieu, pratiquement sur le même site lorsque les aménagements ne l'ont pas trop défiguré. La continuité de la localisation tranche ainsi avec la variabilité de la forme locale de la ville.

Dans un monde en mouvement, et hormis quelques exceptions remarquables (Troie en Asie mineure, Angkor en pays Kmehr, Cartage en Tunisie, Ciudad perdida en Colombie,...), les villes originelles se sont en effet modifiées sur place, sur les lieux mêmes qui les ont vu naître, reconstruisant ainsi de nouvelles villes sur les anciennes sans briser le lien auto-référentiel qui les relie à leur origine. Il y a donc, du point de vue des localisations, une forme profonde de réflexivité dans le fait urbain.

Mais les aspects réflexifs ou auto-référents de la ville ne se limitent pas à la réutilisation du site des villes : d'autres aspects relevant tantôt de l'ensemble de villes tantôt du *détail* urbain ont une forte charge réflexive. Sans prétendre à l'exhaustivité, nous aimerions ici évoquer divers aspects auto-référentiels que tout un chacun peut observer dans l'armature urbaine de nos contrées ou dans les détails architecturaux de nos villes. Ces aspects peuvent être implicites, apparents, pratiquement évidents pour qui sait observer les systèmes de villes ou les paysages architecturaux et urbains de nos cités contemporaines : mais ils peuvent aussi être dissimulés, cachés, et plus difficile à mettre en évidence. Qu'ils soient apparents ou qu'il faille les expliciter, y compris par la mesure, ces aspects auto-référentiels ne sont pas neutres pour autant : ils pèsent sur la géographie des villes, ils contraignent l'urbanisme de la ville tout autant que son organisation.

### **Aspects implicites, évidents, observables**

La forme physique de la ville, son esthétique particulière qui forme son paysage, est un premier élément directement observable par tout un chacun et comportant des dimensions auto-référentielles quasi-évidentes. Or, que voit-t-on de la ville, sinon l'architecture de ses bâtiments et le dessin de son plan ? A ces deux aspects, on peut en rajouter un troisième, moins évident a priori, mais fortement présent dans l'espace de la ville tels que

nous le vivons : il s'agit de l'espace des noms de lieux qui composent les paysages réels et symboliques de nos cités.

### *L'architecture : récursivité et auto-similarité et réflexivité*

Parmi les liens implicites, évidents, nous trouvons plusieurs aspects qui ont trait à l'édification de la ville, à la construction physique et architecturale, qui s'est très souvent et très longtemps nourrie de références. Cet aspect référentiel se retrouve par exemple dans la conception architecturale de chaque époque, qui, partageant les mêmes références et les mêmes goûts, a produit des édifices de proportions semblables.

Ces références étaient parfois de nature esthétique, générant de véritables phénomènes de mode qui ont fini par modeler nos paysages urbains selon des références bien reconnaissables. Paysages cubistes des cités contemporaines, ambiances néo-gothiques des quartiers victoriens ou wihlelmiens, rigueur classique, voire antiques, des quartiers des 16<sup>ème</sup>, 17<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> siècles : tous ces ensembles se retrouvent isolément dans nos villes et tissent comme un lien avec le passé (auto-référence).

Mais, l'architecture n'est pas qu'une affaire esthétique : ces références ont aussi puisé dans des gabarits similaires, profondément ancrés dans les connaissances et les pratiques des hommes de l'art. Toutes semblables et toutes différentes, les villes européennes par exemple ont été construites tout au long de l'histoire par des bâtisseurs qui se sont transmis par des voies traditionnelles un corpus de techniques de conception, de dessin et de réalisation qui ont créé des liens entre les divers ensembles urbains ainsi réalisés. Par exemple, l'utilisation du nombre d'or dans le dessin d'architecture en Occident a conduit à élaborer des bâtiments dont les proportions sont semblables. Cette similarité de proportions fait référence à des constructions mythiques : originellement aux dimensions du temple de Salomon, selon la légende du nombre d'or.

Les modes de transmission du savoir des architectes (mode essentiellement oral à l'origine, reposant sur l'apprentissage et le compagnonnage, et valorisant fortement l'historicité de la discipline) ont ainsi tissé par le passé un vaste ensemble auto-référentiel, que l'on retrouve dans le style des immeubles mais aussi dans leurs proportions. Le goût architectural des citadins s'en est trouvé fortement influencé. Par la suite, l'industrialisation de la construction du 20<sup>ème</sup> siècle a également généré des formes auto-référencées, parfois roboratives, en développant un peu partout les constructions standardisées : chorons, barres, tours, quartiers (plans de lotissement, de cités, de ZAC). Ceci pose la question du rôle du modèle dans l'architecture et dans la construction.

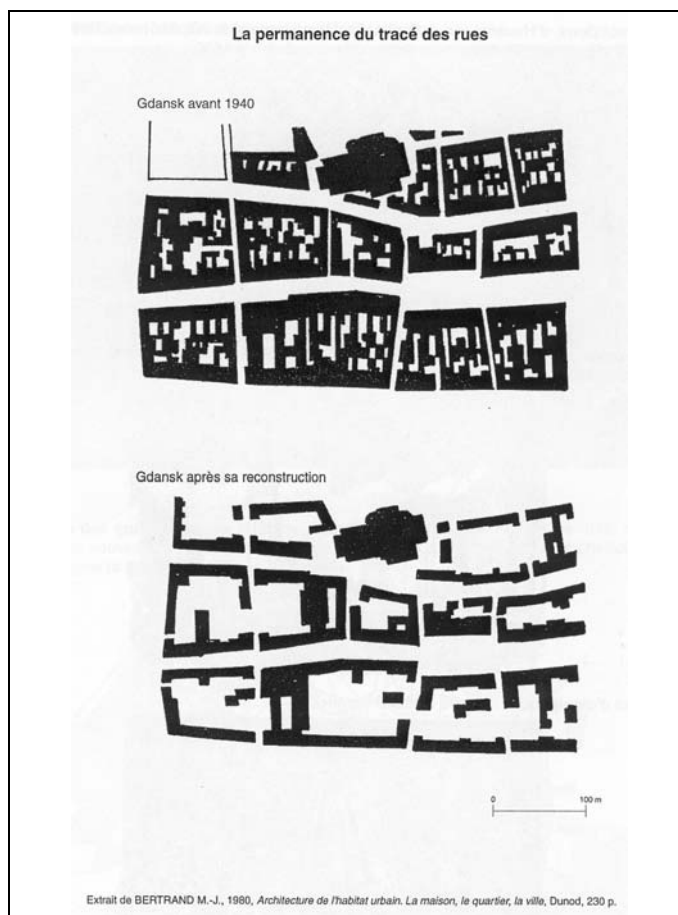
### *Le plan : récursivité, auto-similarité et réflexivité*

A un autre niveau, le plan d'ensemble de la ville est lui même fortement auto-référentiel. Pierre Lavedan (1926-1956), en son temps, avait émis la loi de la permanence du tracé des rues et des places dans les plans urbains à partir de l'étude minutieuse de dizaines de plans de villes européennes. Il avait en effet observé le maintien, à travers les siècles, des trames de rues antiques dans la plupart des villes d'origine grecque ou romaine. Les fouilles archéologiques on en effet pu montrer que les axes majeurs que forment le *cardo* et le *déccumanus*, antiques voies principales reliant les portes de la ville du Nord au Sud et d'Est en Ouest, avaient été conservés, à l'instar de la place du *campo*, situé à la croisée de ces deux voies, et du tracé des rues secondaires dérivant de ces axes principaux.

Les axes plus récents ont subi des sorts comparables

Cette permanence (faut-il parler de résilience ?) que l'on peut à la limite comprendre tant que le tissu urbain n'est pas bouleversé par quelque destruction massive, est parfois même observable dans des situations de reconstruction complète. Si l'on étudie le cas de villes ayant subi de fortes destructions pendant les dernières guerres, comme celles de Dunkerque ou de Dantzig (fig. 1), on constate que les projets de reconstruction conservent quelque chose de la trame ancienne, alors même qu'aucune contrainte physique ne les y contraint. Et que dire de Varsovie où le projet avait été de reconstruire à « l'identique » une ville presque totalement anéantie ? Pourquoi dans ces cas avoir maintenu des lambeaux, sinon la totalité, de l'ancienne *urbs*, sinon parce que la *polis* le réclamait, le revendiquait.

**Figure 1 :** La permanence du tracé des rues à Dantzig



On le voit bien ici, la séparation entre l'*urbs* et la *polis*, la forme et son contenu n'est pertinente que pour l'analyse : mais elle ne correspond pas à une réalité.

#### *Les odonymes : récursivité urbs et polis*

Autre forme d'auto-référence observable dans le domaine urbain, concerne l'utilisation faite des noms de rue et de place (les odonymes). Ceux-ci affichent traditionnellement, dans certaines sociétés occidentales ou orientales, un lien particulier avec l'usage et le passé de ces lieux.

L'étude des noms de rue et de places montre en effet que dans les sociétés occidentales traditionnelles, les odonymes correspondaient la plupart du temps, avant la révolution française, à la fonction des lieux. Ainsi le marché aux herbes se tient-il place du marché-aux-herbes, les orfèvres travaillent-ils rue des orfèvres, une bastille se trouve-elle place de la Bastille, et l'église se localise-t-elle .... rue de l'église !

On affiche la nature réelle des lieux en faisant référence à ce qui s'y passe, créant ainsi un effet miroir : « le marché de la place du marché », « l'église de la rue de l'église », ... *Urbs* et *polis* convergent ici symboliquement : la nature physique de la ville et son usage social se trouvent mariés récursivement dans cette ville traditionnelle. Le marché en appelle à la place du marché et la place du marché fait référence au marché. Cette forme d'auto-référence n'est pas dénuée de sens pratique : un visiteur ne connaissant pas la ville pouvait se faire une assez bonne idée de la structure urbaine d'une ville inconnue simplement en s'y promenant et en observant les odonymes. Parallèlement une simple lecture du plan de la ville permettait de se donner une idée du fonctionnement de la ville, et de se renseigner sur la localisation de tel ou tel service.

Par la suite, à partir de la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, la politisation et la banalisation de l'utilisation des odonymes (Milo, 1984) finira par distendre les liens récursifs entre noms de lieux et usages des lieux. On n'a jamais vu d'Être suprême dans la rue du même nom, il n'y a pas de pinsons rue des Pinsons, De Gaulle n'a jamais mis les pieds place de général de Gaulle, l'avenue d'Alsace-Lorraine ne conduit pas en ces provinces, et la rue de l'Espérance est une sinistre rue de banlieue.

On le voit, des aspects autoréférentiels sont présents de façon presque évidente dans les organismes urbains .... de façon trop évidente serait-on tenté de dire ! En effet, dans la plupart des exemples cités plus haut, la limite entre la référence et l'auto-référence n'est pas totalement claire et nette. Lorsqu'un style architectural fait référence à un style similaire, est-on dans le domaine de l'auto-référence ou dans celui plus ordinaire de la référence ? La limite entre les deux termes est ici reste relativement floue et ne permet pas à l'auto-similarité de se manifester de façon si évidente que cela. Il nous faut donc trouver d'autres formes d'auto-référence, plus raisonnées, plus mesurées, pour compléter cette étude.

### Aspects moins évidents, cachés, à dévoiler, à expliciter

Les aspects auto-similaires ne sont pas absents du domaine de la ville : il s'y manifestent même à plusieurs niveaux et selon diverses facettes.

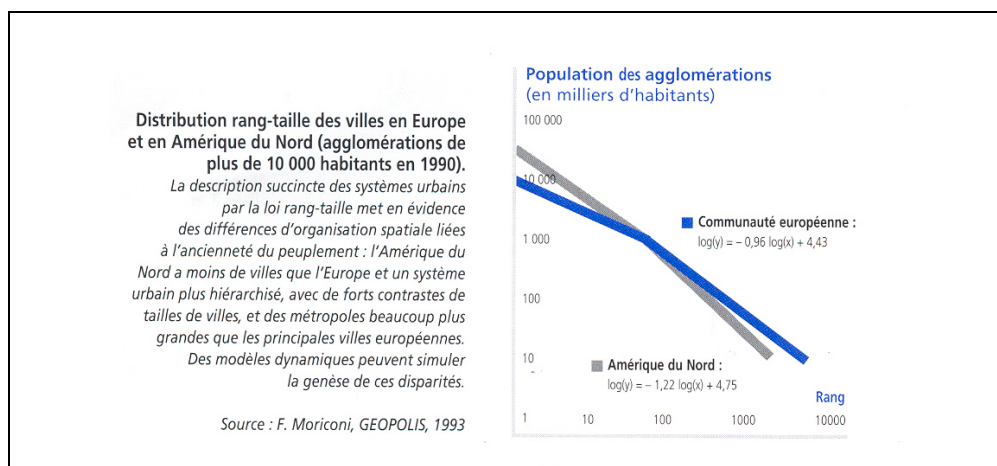
#### *L'armature urbaine : auto-similarité*

Dans le domaine de l'armature urbaine, l'autosimilarité apparaît très nettement dans la loi rang-taille, ou loi rang-dimension de Zipf (1949) appliquée à la distribution des villes. L'armature urbaine, que l'on appelle aussi la hiérarchie urbaine, désigne la structuration des villes à l'échelle d'un espace particulier, pouvant être une région, un pays, un continent, ...

Cette armature urbaine consiste en une répartition plus ou moins régulière des villes dans l'espace selon leur taille et leur fonction, répartition qui organise les espaces contrôlés par ces villes. Si l'on recense toutes les villes d'un espace particulier et qu'on les classe selon leur taille, on observe qu'en général ce classement suit une loi hiérarchique exponentielle où la population de chaque ville peut être déduite de son rang et de la connaissance de la population de la ville la plus importante selon la formule suivante :

$$P_n = P_1 / n^q \text{ (avec } P_n \text{ population de la ville de rang } n, P_1 \text{ population de la plus grande ville, } q \text{ paramètre caractérisant le degré de hiérarchisation)}$$

**Figure 2 :** Loi rang-taille en Europe et en Amérique du Nord



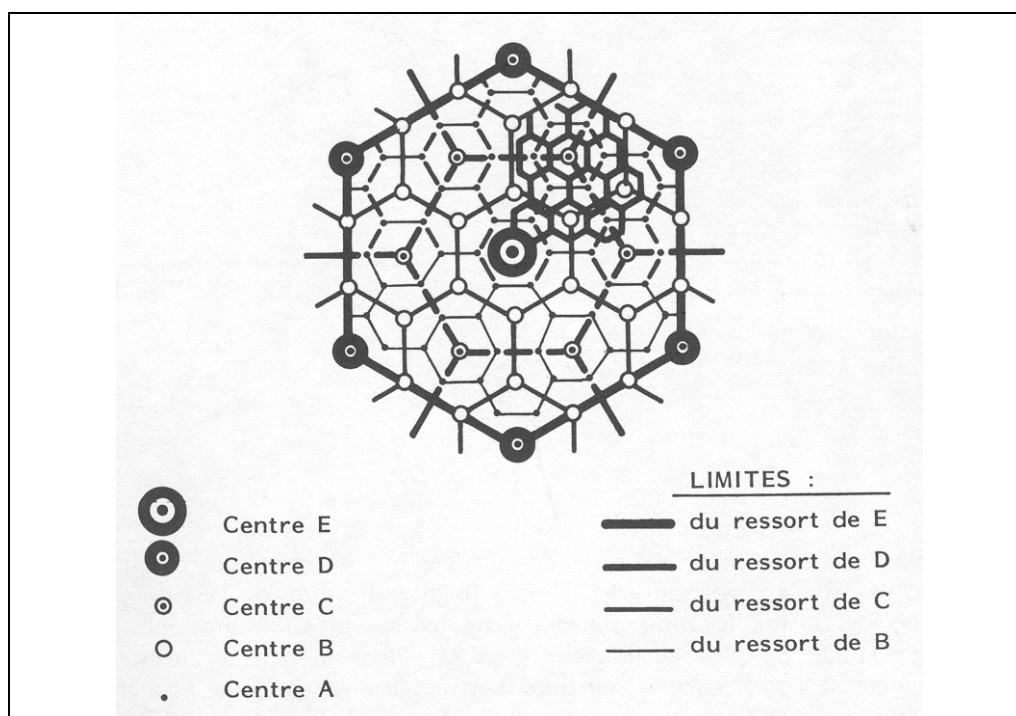
Cette loi est en fait une application de la loi de Pareto aux distributions urbaines : celles-ci s'organisent hiérarchiquement, conformément à la loi allométrique que l'on rencontre dans les systèmes biologiques et physiques. Cette organisation hiérarchique de villes est remarquable à deux titres : d'une part elle ne varie que très peu d'un espace à l'autre, ou d'un niveau d'analyse à l'autre ; deuxièmement, elle ne varie guère dans le temps, malgré le déclassement ou le reclassement de certaines villes. Il y a donc là une véritable auto-similarité de l'armature urbaine à travers les échelles et en dépit des changements apportés par le temps.

### *Les places centrales : auto-similarité à travers les échelles*

Un autre schéma d'organisation théorique de l'espace urbain montre également un caractère auto-similaire marqué : il s'agit de l'organisation hiérarchique des centres urbains, tel que le géographe Walter Christaller (1933) l'a présentée dans sa théorie des places centrales.

Selon la théorie de Christaller, la localisation des villes répond à des règles strictes qui tendent, dans un espace sans contrainte, à les disposer régulièrement. La géométrie de la répartition des villes est dans ce cas déterminée par leur degré de spécialisation fonctionnelle. Chaque ville assume en effet tout un ensemble de fonctions administratives et commerciales par rapport aux espaces environnants : elle est en même temps insérée dans une hiérarchie urbaine qui la relie aux villes de moindre niveau, placées sous son contrôle, et aux villes de niveau supérieur dont elle dépend pour certains équipements et certaines activités. La combinaison de tous ces éléments amène à proposer une structuration de l'espace sous la forme d'un treillage hexagonal qui se répète pour chaque niveau de ville (fig 3).

**Figure 3 :** Modèle de répartition des villes de Christaller



Walter Christaller propose ainsi une géométrie de la répartition des villes en 8 niveaux, qui s'emboîtent les uns dans les autres, et qui reposent tous intégralement sur une logique hexagonale. L'intégralité de l'espace est couverte par ce maillage, et tout point de l'espace est ainsi placé sous le contrôle d'une hiérarchie de villes déterminée. L'auto-similarité est ici induite par la répétition du treillage hexagonal à travers les échelles, conférant ainsi un aspect quasi-fractal à cette construction théorique. Toutefois, la fractalité de cette structure n'est ici qu'induite par la ressemblance entre les différentes échelles, elle ne repose sur rien d'autre et ne

correspond d'ailleurs pas à la pensée de Christaller, dans la mesure où son schéma est fondamentalement continu.

Néanmoins, ce schéma propose une vision auto-similaire de l'organisation spatiale des villes et de leurs zones de contrôle.

#### *Les marchés fonciers : auto-référence et réflexivité*

De puissants phénomènes auto-référentiels agissent aussi en ville et pèsent sur son fonctionnement et sur son organisation interne. Si on prend pour exemple l'étude des prix du sol urbain, on constate que ceux-ci sont en général fixés en référence aux prix pratiqués dans le voisinage pour des biens analogues. Toute nouvelle transaction se fait en fonction des prix observés jusque là, et va déterminer à son tour les prix observés pour les ventes ultérieures si la transaction se réalise.

Cet aspect auto-référentiel des marchés fonciers urbains a un impact morphologique très important sur la ville : en période de fluctuation des prix fonciers, il contribue à maintenir des spirales de valorisation ou de dévalorisation selon les quartiers. Dans le premier cas, l'impact transformationnel est élevé, car plus les terrains, immeubles ou logements urbains seront chers, moins ils seront rares (de nombreux propriétaires profitant de l'effet d'aubaine pour mettre en vente leur bien) d'où une modification profonde et accélérée des quartiers (modification morphologique, de nombreux immeubles étant détruits pour être reconstruits, mais modification sociale aussi, les anciens habitants étant souvent chassés au profit de nouveaux arrivants). Dans le second cas, on assistera à la dégradation inéluctable du bâti de certains quartiers, ce qui aura aussi des conséquences morphologiques et fonctionnelles importantes (taudification de ces zones et augmentation de la vacance de logements, ce qui débouchera bien souvent sur une politique de destruction ou de rénovation menée par les pouvoirs publics à partir d'un certain seuil de dégradation).

Au-delà même de l'auto-similarité, il semble bien que les marchés fonciers aient un aspect réflexif dans la mesure où toute nouvelle référence de prix foncier peut modifier les prix fonciers faisant référence à l'avenir. Le système des prix fonciers tend ainsi à s'ajuster en permanence, en altérant son comportement selon des phases de variations que de nombreux auteurs ont observé. A une tendance générale à la hausse depuis le 19<sup>ème</sup> siècle au moins (Granelle 1975) s'opposent ponctuellement – et presque régulièrement – des phases de dépréciation.

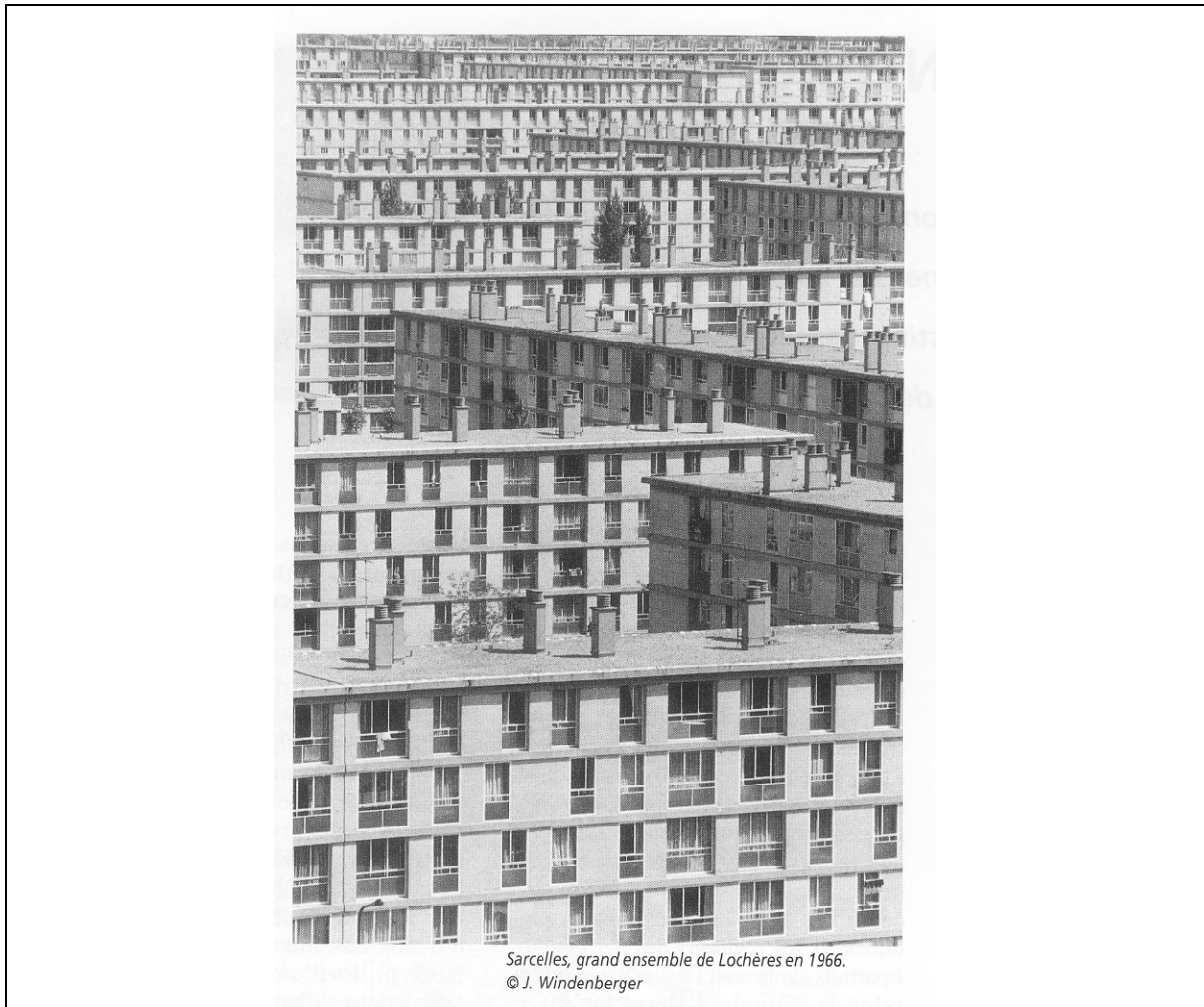
#### *Auto-référence et auto-similarité morphologique*

Plusieurs auteurs l'ont remarqué (Batty 1991 ; François, Frankhauser, Pumain 1995 ; ...), la morphologie des villes présente des aspects fractals jusqu'à un certain niveau, ce qui implique une certaine auto-similarité morphologique à travers les échelles.

En effet, les agglomérations urbaines ont un aspect fractal dans la mesure où elles sont formées de quartiers urbains irréguliers et fragmentés, eux-mêmes issus d'îlots de même type, eux-mêmes constitués d'immeubles de même acabit, eux-mêmes composés de pièces irrégulières, elles-mêmes fabriquées de briques de toutes tailles, (fig 4) ... Cette fractalité générale de la structure urbaine se traduit également par un lien hiérarchique entre les divers éléments urbains. On y trouve en effet peu de grandes parcelles et beaucoup de petites, peu de très grandes avenues et de nombreuses rues ou ruelles, peu de très grands immeubles et beaucoup de constructions modestes, ... Toute ville présente ainsi une structure auto-similaire et fortement hiérarchique à l'instar des figures fractales.

Cette fractalité des structures urbaines peut être localement ou globalement mesurée. Diverses techniques existent à cet effet (Frankhauser 1994). A titre d'exemple nous avons mesuré la fractalité de divers quartiers de l'agglomération transfrontalière de Sarrebruck – Forbach et nous avons fait varier la résolution de nos images pour voir si la mesure de la dimension fractale en était affectée. Les résultats sont éloquentes : la variation de dimension fractale mesurée pour ces images est très faible (par exemple 0.48% pour le centre de Sarrebruck – tableau 2) et ce bien que les images en question n'apparaissent plus comme étant rigoureusement identiques pour l'œil humain.







**Figure 4 :** « Fractaville » : Sarcelles, une image de la ville fractale



Dans cet exemple, la similarité est visuellement dégradée, car il s'agit d'un changement de résolution et non d'un changement d'échelle stricto-sensu. Malgré les différences entre les figures, la similarité est quand même bien présente du point de vue de la mesure, c'est-à-dire du point de vue de la répartition discrète des masses. D'où un calcul de la dimension fractale  $D$  très homogène, variant de 1.75 à 1.76, et ce quelle que soit l'image. La similarité à travers les échelles ainsi que l'aspect hiérarchique sont donc bien présents, même lorsqu'ils ne sont pas évidents, dans nos morphologies urbaines, leur donnant des caractéristiques fractales.



**Tableau 1 :** Centre ancien de Sarrebruck. Effet de la résolution sur la représentation de la morphologie urbaine et sur les dimensions fractales

<p><b>Résolution</b></p> <p><b>1 m</b></p> <p>Echelle</p> <p>20 %</p> <p><math>D_{cor} = 1.749</math></p>		<p><b>Résolution</b></p> <p><b>2.5 m</b></p> <p>Echelle</p> <p>50 %</p> <p><math>D_{cor} = 1.748</math></p>	
<p><i>Résolution</i></p> <p><b>5 m</b></p> <p>Echelle</p> <p>100 %</p> <p><math>D_{cor} = 1.748</math></p>		<p><b>Résolution</b></p> <p><b>10 m</b></p> <p>Echelle</p> <p>200 %</p> <p><math>D_{cor} = 1.753</math></p>	
<p><b>Résolution</b></p> <p><b>15 m</b></p> <p>Echelle</p> <p>300 %</p> <p><math>D_{cor} = 1.760</math></p>		<p><b>Résolution</b></p> <p><b>20 m</b></p> <p>Echelle</p> <p>400 %</p> <p><math>D_{cor} = 1.764</math></p>	

## Conclusion

Ainsi divers niveaux de récursivité se matérialisent dans la géographie et dans l'histoire des villes, positionnant les concepts d'auto-référence, de similarité, de réflexivité les uns par rapport aux autres et ouvrant à de nombreuses questions.

Par exemple l'autosimilarité est bien présente dans les structures urbaines : elle y est induite par l'auto-référence des constructions architecturales entre elles ou par l'autosimilarité des plans urbains. Mais quelle est la limite entre référence et auto-référence ? Lorsque l'on fait référence à un style architectural particulier, par exemple le gothique, ou à une composition urbaine typique (par exemple le haussmannien) est-on dans le domaine de la simple référence ou dans celui de l'auto-référence ?

Par ailleurs, comment se situent auto-référence et récurrence ? Un dessin d'immeuble récurrent est-il aussi auto-référent ? ou auto-similaire ? ou les deux à la fois ? Le fait que l'on améliore parfois ces immeubles d'une construction à l'autre suffit-il à établir la réflexivité ?

Enfin, ces ressemblances de paysages urbains, que l'on observe entre des villes finalement assez différentes, sont-elles voulues ou fortuites : faut-il y voir une construction raisonnée, un artefact déterminé par nos techniques de conception et de construction d'immeubles ou une émergence liée à la nature complexe de la ville ? Selon la réponse, quel est le poids réel de l'urbanisme dans la fabrication et l'évolution des villes ? A-t-il un simple statut adaptatif, se contentant de gérer marginalement les problèmes liés à la vie de l'organisme urbain, ou au contraire peut-il être plus directif ?

Au-delà des questions posées, cette étude permet également de souligner que *urbs* et *polis*, la forme et le fond, la morphologie et le fonctionnement des organismes urbains sont finalement étroitement liés. On retrouve là une idée, développée par D'Arcy Thomson, et reprise dans divers travaux de recherche. Cette idée est intéressante car elle vient en contre-point de ce qui a été réalisé en matière de recherche urbaine ces dernières années. Un certain désintérêt pour la géométrie associé à la spécialisation des approches a entraîné une relative désaffection pour les thèmes de recherche morphologiques :

## Références

- Batty Michael, 1991, Cities and fractals : simulating growth and form. In A.J. Crilly, R.A. Earnshaw, H. Jones, ed, Fractals and Chaos
- Christaller Walter, 1933, Die zentralen Orte in Sueddeutschland. Wiesbaden
- François Nicole, Frankhauser Pierre, Pumain Denise, 1995, Villes, densité et fractalité. Les Annales de la Recherche Urbaine, 67, 55-64
- Frankhauser Pierre (1994). La fractalité des structures urbaines. Paris: Anthropos - Economica.
- Granelle Jean-Jacques, 1975, La valeur du sol urbain et la propriété foncière. Le marché des terrains à Paris. Paris, Mouton.
- Lavedan Pierre, 1936, La géographie des villes, Paris, Gallimard
- Lavedan Pierre, 1926-1956, Histoire de l'urbanisme. Paris, Henri Laurens, 3 tomes
- Milo Daniel, 1984, Les noms de rues - in Les lieux de mémoire, sous la dir. de P. Nora, Paris, Gallimard, tome II vol. 3, p.283-320
- Pumain Denise, 1982, La dynamique des villes. Paris, Economica.
- Zipf Georges, 1949, Human behavior and the principle of least effort. New-York, Addison Wesley press.