

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 40 (1999)
Heft: 1

Artikel: Le modèle de la répartition de densité de la population de Strasbourg
Autor: Kostrubiec, Benjamin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088503>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Le modèle de la répartition de densité de la population de Strasbourg

Benjamin Kostrubiec

Résumé

L'étude constitue une recherche sur les modèles des densités urbaines. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence les structures spatiales, de tester des modèles dont la portée pratique est plus qu'évidente. Elles permettent à dégager à l'intérieur des aires urbanisées, les noyaux, les franges péricentrales, les banlieues, ainsi que les zones sub-urbanisées.

Zusammenfassung

Der Artikel stellt eine Untersuchung über die Modelle städtischer Dichten vor. Dank den Ergebnissen war es möglich, räumliche Strukturen aufzuzeigen und Modelle zu testen, deren praktische Bedeutung offensichtlich ist. Sie erlauben, innerhalb von verstädterten Gebieten Kernzonen, anschliessende perizentrale Gürtel, Vorortsgebiete und suburbane Zonen zu unterscheiden.

Le but de ce texte consiste à présenter une méthode de description des répartitions du peuplement des villes à l'aide de modèles rotatoires. Les modèles classiques exigent un travail décourageant pour estimer la population résidante à l'intérieur d'un découpage administratif. La technique décrite, dispense de la tâche du dénombrement, ce qui permet de modéliser chaque ville.

Adresse de l'auteur: Benjamin Kostrubiec, Laboratoire Image et Ville, UPRES-A 7011
CNRS, Université de Strasbourg

La population urbaine dans un système de coordonnées polaires

Placer le centre C d'une ville à l'origine du système de coordonnées polaires $C(R, \beta, D)$ autorise la rotation du profil de densité autour de l'axe Densité et permet de décrire toutes formules dans un même langage formel.

Une ville à centre unique se caractérise par l'existence d'un point central $C(0,0)$, où la densité de la population D_c devrait atteindre son maximum. Par convention, on admet CX comme l'axe principal du système, β comme l'angle d'inclinaison du vecteur-rayon CR . Les coordonnées circonscrivent un espace délimité par les valeurs:

$0 \leq R \leq \text{lim } R, 0 \leq \beta \leq 2\pi$, où $\text{Lim } R$ dessine une courbe fermée – l'extrême limite de la ville.

Le modèle de second degré de la répartition de densité s'exprime par la formule:

$$D(R, \beta) = \exp [-T(R, \beta)] = \exp [-(a_0 r^0 + a_1 r^1 + a_2 r^2)],$$

L'exposant est un polynôme, aux paramètres qui ne peuvent pas être simultanément nuls. Tout modèle de régression polynomiale résulte d'une combinaison possible de monômes $a_i r^i$. Le nombre de monômes permet de proposer une typologie de modèles de répartition de la densité urbaine. Si tout $a_i \neq 0$, le modèle est dit « complet ». En cas d'omission de certains monômes, excepté celui du plus haut degré, les coefficients des formules « allégées » reprennent une partie des variations redistribuée du phénomène.

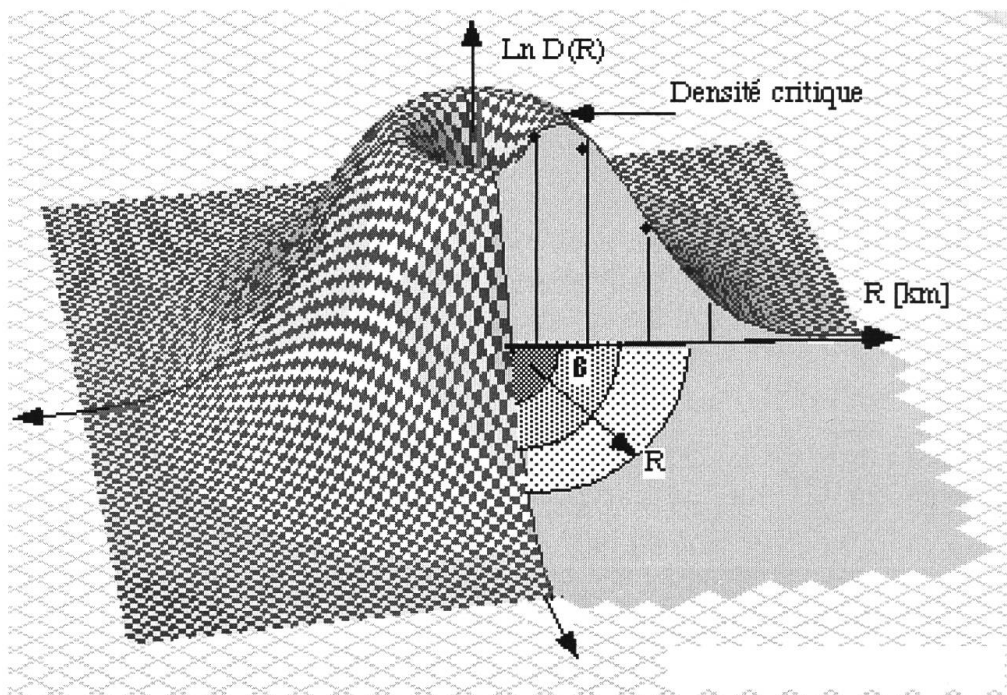


Figure 1 Surface de révolution de la fonction exponentielle de densité urbaine.

$D(R,\beta)$ correspond à la densité brute moyenne (l'aspect passif du peuplement) d'un disque ou d'une couronne de rayon moyen R et d'angle β . La constante $D_0 = e^{-a_0}$ représente la densité théorique de la population résidente au centre. $T(R,\beta) \geq 0$ représente le gradient centre-périphérie et se rapporte au taux exponentiel de décroissance de la densité en fonction de la direction et de la distance au centre. Il exprime la décroissance de la densité de population le long d'un rayon β et correspond à une fonction continue. La nature de la répartition spatiale du gradient $T(R,\beta)$ permet de proposer une classification de villes. Deux catégories de T peuvent être distinguées: les T constants et variables. $T(R)$ est dit « constant », lorsqu'il est indépendant de l'azimut et $T(R,\beta)$ est « variable » dans le cas contraire.

Démarche analytique adoptée

Il est nécessaire de préparer la ville au microscope employé. Cette préparation consiste à transformer l'espace urbain polycentrique en ville à centre unique et introduire une nouvelle distance entre les quartiers. Cette métrique (Kostrubiec 1997) est basée sur le procédé empirique de Korzybski (1976).

La déformation de l'espace

On fait appel à un procédé mécanique. Déployons la carte de l'agglomération et déposons les masses correspondantes aux densités de population des unités territoriales sur un disque. Percions un axe perpendiculaire à travers le centre et mettons le disque en rotation. La force centripète déforme et sépare les unités territoriales. Elle les tasse et les étalent annulairement autour du centre selon leurs poids décroissants. Cette transformation équi-superficielle de la topographie urbaine (figure 2) préserve le nombre d'habitants de chaque zone. Cependant, elle lisse les limites des unités, les déplace, ordonne monotoniquement et accole en cercles concentriques.

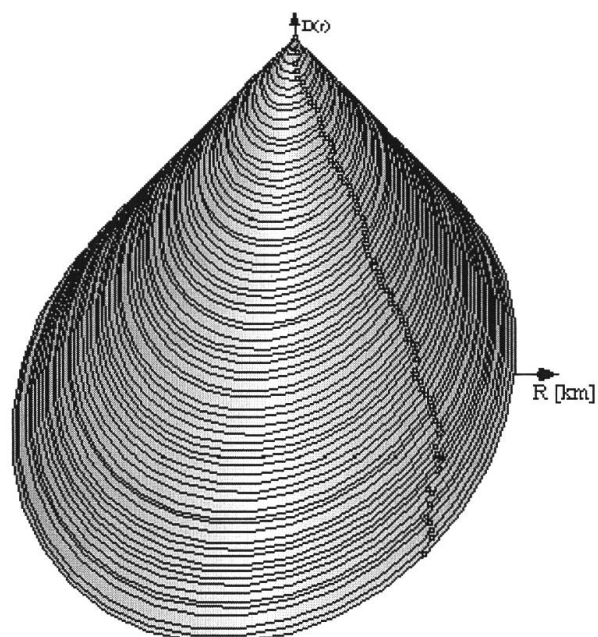


Figure 2 Déformation de l'espace urbain de Strasbourg. Le cône de la ville radiale.

Dans ce modèle, la pente du profil s'affaiblit, mais reste stable à l'intérieur d'un cercle. Dans ce modèle, le cône volcanique n'apparaît pas, même s'il existe.

Cette anamorphose situe le quartier central au sommet de l'hierarchie (précisément au centre à l'origine du système de coordonnées). Elle « élimine » le cratère situé au cœur de la ville et permet d'évaluer le nombre d'habitants sans charcuter l'aire de l'agglomération en couronnes ou en segments. Le site géographique d'une agglomération non convexe est remplacé par un voisinage densitaire et sa topographie physique par une topographie urbaine « interne ». La modification réduit le nombre d'unités voisines à deux: la précédente et celle qui la succède. Avant la déformation, le quartier central de Strasbourg, Place Kléber a cinq voisins. Après la transformation deux anneaux l'entourent (St Guillaume < Place Kléber < Esplanade).

Dans cette géographie abstraite, seule la superficie du quartier est invariable. La largeur de l'anneau qui le représente est relative à la position du quartier envers le centre. Deux quartiers A et B de même superficie S mais de densités inégales $D_A > D_B$ seront représentés par deux anneaux a et b de superficie identique mais de largeur différente ($l_a > l_b$). Deux communes d'une agglomération urbaine se confondent si leur densité est identique.

Pour éviter l'inconvénient que les unités urbaines doivent être découpé en anneaux. Les erreurs d'extrapolation de $D(R)$ contrarient d'autant plus que le découpage est fin. En réduisant l'espacement, on obtient une droite qui tend à se confondre avec la ligne de régression.

Notion de la distance densitaire

Elle est formalisée de la manière suivante: l'agglomération A est subdivisée en unités opérationnelles U_i . Chaque subdivision doit être caractérisée par le nombre n_i d'habitants et sa superficie s_i . A l'ensemble de points $U_i(n_i, s_i)$ est associée la métrique:

$$d_{ij} = R_{ij} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^j s_i} ; \quad (j = 1, 2, \dots, k)$$

La distance urbaine $R_j = d(C, j)$ d'une unité j au centre, est égale au rayon des cercles inférieurs. Quant à la distance inter-zone, elle est égale à la différence des rayons respectifs,

$$d'où, R(i, j) = \sqrt{\frac{s_j - s_i}{\pi}}.$$

La représentation graphique de la répartition de la densité

Les répartitions spatiales des densités sont représentées sous la forme de profils. La méthode d'obtention d'un profil comprend six opérations:

- le calcul des indices de densité de population par unité de recensement ;
- le rangement de ces indices dans le sens décroissant $D_i \geq D_j$;
- le calcul des distances de chaque zone selon la formule présentée R_j ;
- le tracé du profil $\{R_j, \log D_j\}$;
- l'ajustement par une droite ou une courbe du nuage de points;
- l'interprétation géographique des coefficients de régression et la représentation cartographique des résultats.

La dynamique des densités intra-urbaines

La pertinence de cet outil apparaît particulièrement lorsque l'analyse porte sur l'évolution des densités. Quand un quartier devient plus dense et grimpe dans la hiérarchie, l'anneau qui le représente s'approche du centre. Dans le cas contraire, il s'en éloigne. Ainsi, durant l'évolution de la ville, les anneaux glissent et s'interposent. Cette dynamique est représentée par la trajectoire d'un quartier sur des profils successifs. Pour plusieurs dates, nous obtenons un faisceau de profils, dont l'épaisseur désigne les changements de densité des quartiers durant la période analysée. Si un quartier se hisse verticalement, alors sa position dans la hiérarchie de densité n'a pas changé. S'il est dévié à gauche, alors l'anneau qui le représente glisse vers le centre; s'il est dévié à droite, alors l'anneau se rapproche de la périphérie.

Pour Strasbourg, le dynamisme de $D_R(t)$ est désigné par l'épaisseur maximale du faisceau de profils sur 28 ans. Les modifications du tissu urbain s'expriment par des fluctuations des débuts de profils. Le sommet du profil perd de sa densité, ce qui provoque la naissance d'un cratère. La queue du profil, quant à elle, (l'auréole extérieure au-delà de 3,5 km) s'élève exprimant un dynamisme renforcé. Les parties médianes des profils (l'anneau [1,5 à 2,5 km]), fluctuent le moins.

Les aires des deux ensembles de couronnes (la première est un disque) correspondent à:

$$S_V = \pi R^2 = 55,39 \text{ km}^2 \text{ et l'anneau extérieur}$$
$$S_B = \pi (R_b^2 - R_v^2) = \pi (6,44^2 - 4,2^2) = 74,84 \text{ km}^2.$$

Nous constatons que la répartition des densités est loin d'être aléatoire. A droite (figure 3), l'archipel clair, représente les quartiers à faible densité, inférieure à 17 hab/ha. A gauche, les quartiers densément peuplés.

Dans l'hypothèse d'une corrélation parfaite entre le modèle théorique et la réalité, les points devraient s'aligner sur un papier semi-logarithmique. L'ajustement par segments permet une réduction substantielle des résidus (exprimé ici par les carrés moyens) entre le profil et la droite.

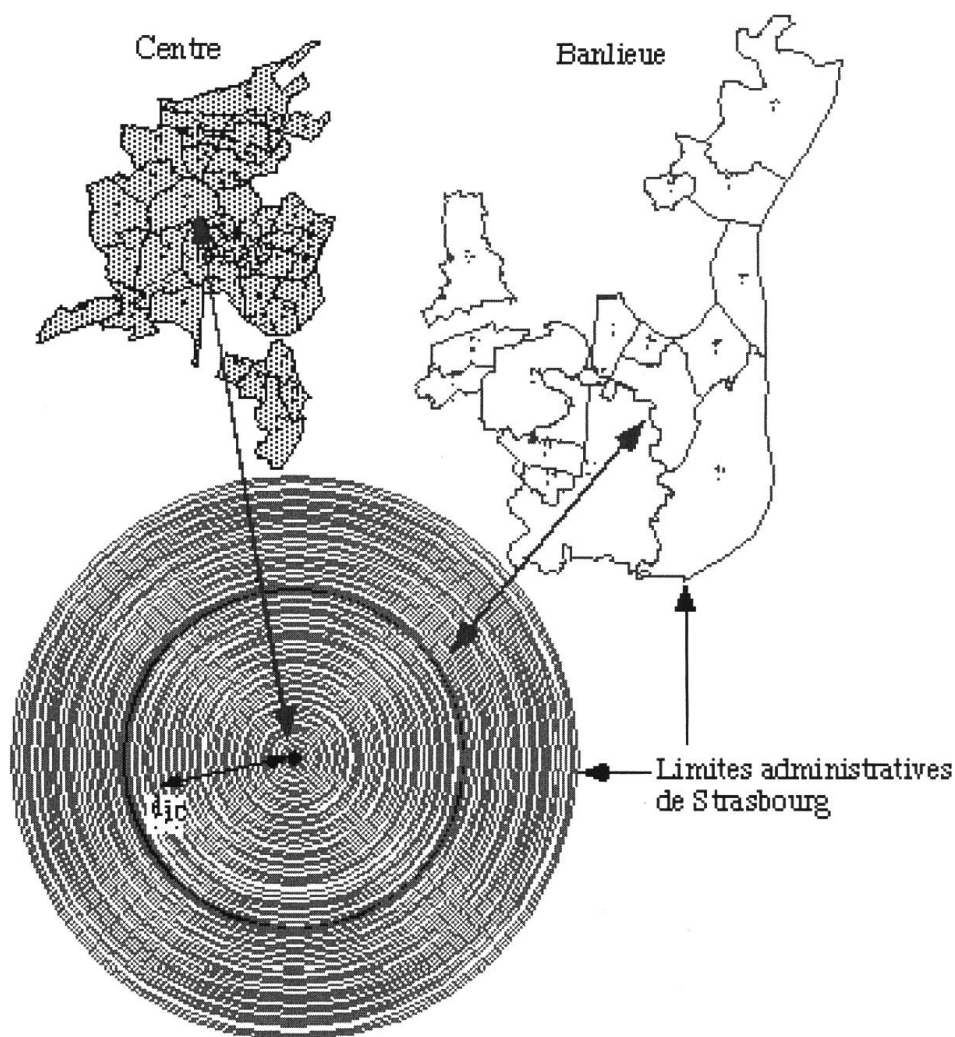


Figure 3 Déformations de l'espace urbain de Strasbourg.

Le modèle de Clark (1951)

Le modèle représente l'archétype de ville aréolaire le plus rudimentaire, pour lequel la pente de la droite se caractérise par un déclin du taux constant de décroissance de la densité de population du centre à la périphérie le long du rayon β quelconque. Son gradient du champ du peuplement a la direction des rayons vecteurs fléchés vers les périphéries. Les isovecteurs de densité forment des cercles concentriques aux équations $R = c_i$. La concentration des isolignes faiblit au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre.

Le type radial de Korzybski

L'observation de ces profils permet de délimiter les parties distinctes de Strasbourg en entités morphologiques. L'approximation par segments présentant l'allure du profil pour 1990, avec un coefficient de détermination de 0.98, est la suivante:

$$D_R = \begin{cases} 203,57 e^{-0,532} R & \text{pour } 0 \leq R < 4,20 \text{ km} \\ 994,26 e^{-0,932} R & \text{pour } 4,21 \leq R \leq 6,51 \text{ km} \end{cases}$$

Les fonctions pour l'ensemble des dates sont contenus dans le tableau n° 1.

Tableau 1 Approximation par segments d'expressions linéaires de Korzybski.

Année	Formule pour $R \leq 4,1$	Formule pour $4,11 \leq R \leq 6,51$	Carré moyen
1990	$D_R = e^{5,316} e^{-0,532R}$	$D_R = e^{6,932} e^{-0,932R}$	23,30
1982	$D_R = e^{5,499} e^{-0,557R}$	$D_R = e^{10,775} e^{-1,742R}$	39,62
1975	$D_R = e^{5,658} e^{-0,651R}$	$D_R = e^{9,356} e^{-1,513R}$	43,54
1968	$D_R = e^{5,940} e^{-0,769R}$	$D_R = e^{9,294} e^{-1,573R}$	56,64

La représentation tridimensionnelle du modèle dans un même repère donne l'image (figure 4). Le point central, localisé au centre du quartier se caractérise par la densité maximale. A partir de C, les densités chutent jusqu'à 2,5 km du centre. Au-delà, les densités ont légèrement repris, favorisé par l'habitat multifamilial qui s'installe, surtout dans le quadrant sud-ouest de l'agglomération.

L'éventail des profils montre l'effondrement de la densité au centre. Nous distinguons aussi des seuils (limites des parties intérieures de la ville) et d'autres régularités à travers l'exploration du tracé. Le déclin de la courbe est constant, mais change sur chaque segment CV (centre-ville), VL (ville-banlieue). L'évolution est la suivante: d'abord nous observons une lente décroissance jusqu'au point d'articulation – distance-seuil – V. Ensuite, une décroissance plus rapide pour les quartiers faiblement peuplés. Le quartier charnière, Illkirch-Grafenstaden-Centre, est le point appartenant simultanément à deux droites de régression.

A gauche de V(4,0 km; 24,2 hab/ha), 60 quartiers s'alignent (la première couronne). A l'exception de cinq quartiers isolés, ils proviennent de la partie centrale de l'agglomération. Pendant la période 1962–1990, ces unités montrent une grande stabilité. L'abscisse du second point spécifique L (5,8 km; 7,9 hab/ha), détermine l'enveloppe de la partie médiane de l'agglomération (la seconde couronne). Son dernier quartier est éloigné de 6,8 km du centre hypothétique. Cette partie représente l'assemblage des quartiers de la queue du profil. Cette banlieue se disloque en deux parties. Du point L à la limite, les quartiers périphériques sont les plus homogènes.

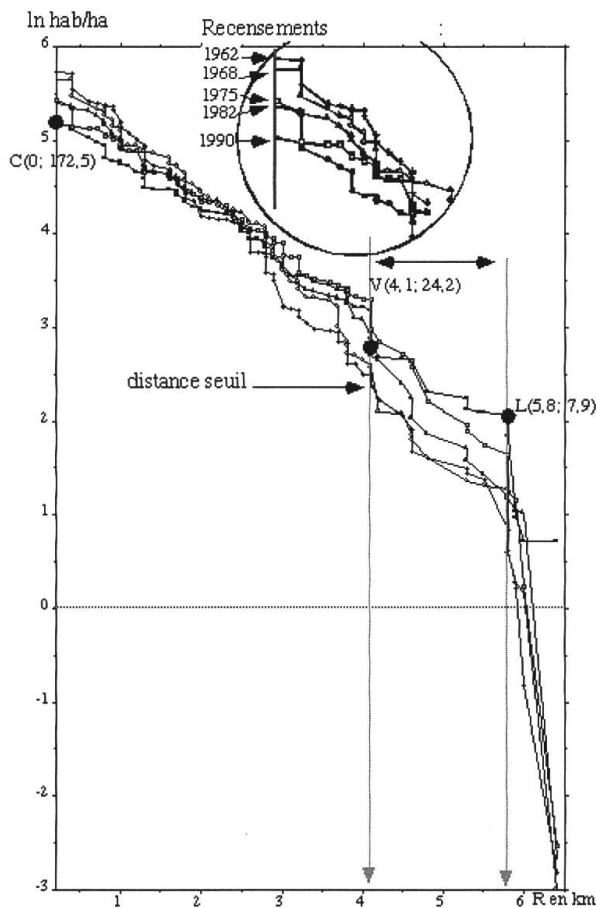


Figure 4
L'évolution des profils de densité pour Strasbourg.
Année 1962 à 1990.
(Secteurs: CV – pente ville, VL – pente banlieue).

La première pente T(C,V) reste inclinée sous un angle 152° , la seconde, T(V,B) sous l'angle 138° , la dernière, la plus abrupte à 102° . A partir de L, les profils tombent à pic, car l'agglomération reste cloîtrée dans ses limites administratives. Au delà, la courbe chute vers les valeurs de la densité rurale environnante, où les anneaux rencontrent une nouvelle ville.

Qualité des ajustements

Le moyen de comparer la qualité de divers modèles de répartition de la densité urbaine est la mesure de l'exactitude de l'ajustement exprimé en écarts entre le point empirique et le profil. Les tests ont été effectués pour les cinq derniers recensements.

Le modèle de Newling

Dans ce modèle, les profils prennent compte du cratère de densité. Chaque équation à exposants de second degré est représentée par le tableau 2. La famille de profils ainsi lissés prend l'aspect présenté sur la figure 4, et leurs fonctions s'expriment de la manière suivante:

Tableau 2 Expressions exponentielles quadratiques DR(t) .

Recense- ment t	Formule	Constante	Coef. de détermination	Carré moyen
1990	$D_R = e^{5,116} e^{-(0,286R+0,057R^2)}$	166,67	0,978	37,51
1982	$D_R = e^{5,007} e^{-(0,128R+0,057R^2)}$	149,46	0,927	58,01
1975	$D_R = e^{5,116} e^{-(0,286R+0,057R^2)}$	191,52	0,940	65,31
1968	$D_R = e^{5,116} e^{-(0,286R+0,057R^2)}$	238,17	0,957	85,34

Les paramètres définissent le degré d'entassement de sa population et les contrastes de densité. Les différences entre coefficients a_i sont liées à la forme de l'agglomération, à sa taille et sa structure interne, à son âge.

L'ensemble des paramètres mérite d'être étudié. Leur comportement est révélateur du contexte dans lequel la ville est inscrite. En simulant les effets des changements des coefficients sur la forme du solide, on observe que chaque coefficient modifie la forme. Aucun coefficient n'est tenu responsable à lui seul d'une variation de cette forme.

Il est important de localiser les résidus. L'image ainsi obtenue apporte un correctif indispensable à la cartographie des densités urbaines. Les écarts relativement les plus significatifs se situent au-delà des 5,5 km du centre. Un point de rupture apparaît au quatrième kilomètre, à l'endroit où commencent les espaces industriels. D'ici, les résidus changent de signe.

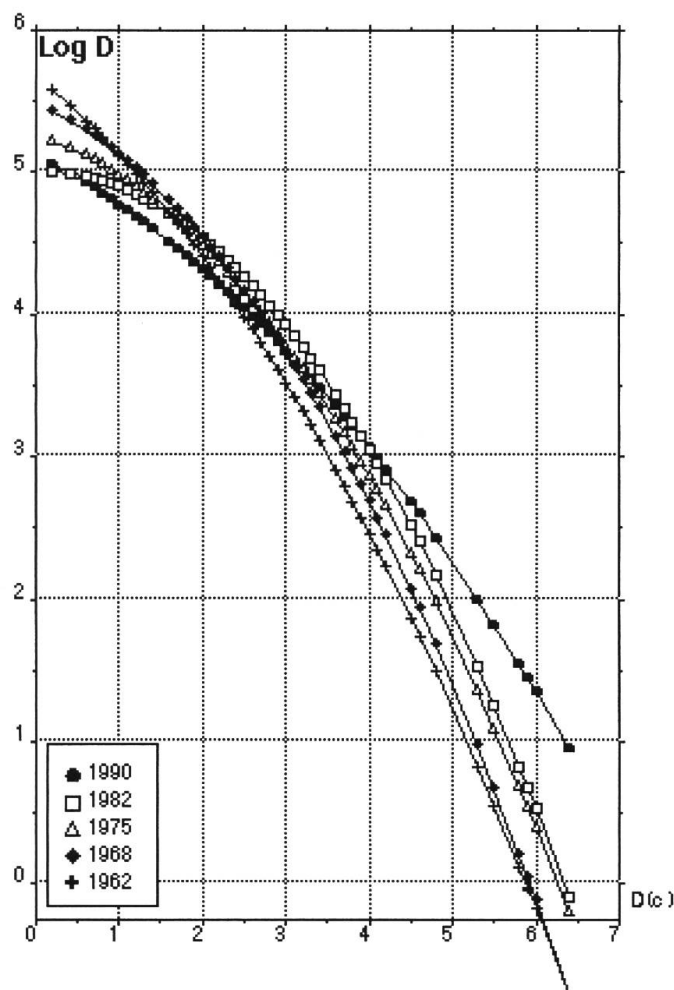


Figure 5 Faisceau de courbes exponentielles quadratiques.

Bibliographie

- Clark C. 1951. Urban Population Densities. *Journal of the Royal Statistical Society*, Ser. A, Vol. CXIV, Part. IV, p. 490–496.
- Korzybski S. 1976. *Une méthode inductive et peuplement urbain*. Lille. 812 p.
- Kostrubiec B. 1997. Description des répartitions de densité à l'aide de modèles rotatoires. Dans: Densités urbaines. Bâties et populations. Modèles spatiaux, images satellites et représentations. *Rapport de recherche Programme «Densités» PIR-Villes*. Red. C. Cauvin. Strasbourg, p. 71–105.
- Newling B.E. 1969. The Spatial Variation of Urban Population Densities. *The Geographical Review*, Vol. 59, p. 242–252.