

Waldo R. Tobler, 1973, Choropleth Maps Without
Intervals? *Geographical Analysis*, 5(3): 262-265
Version bilingue et commentée

+++++

TTT

Tribute to **Tobler**

+++++

Automne 2022

Version traduite et commentée par Laurent Jégou (Université de Toulouse Jean-Jaurès, UMR LISST) , dans le cadre du Projet Tribute to Tobler (Tribut à Tobler), consacré à la valorisation des travaux et apports scientifiques du géographe et cartographe Waldo R. Tobler.

Présentation

Waldo Rudolf Tobler (1930-2018) est un géographe et cartographe américano-suisse formé à l'Université de Washington (Seattle), où il obtient son PhD en 1961. Il y occupe ensuite un poste de d'assistant avant d'enseigner pendant 16 ans à l'université du Michigan, puis de rejoindre, à partir de 1977, l'Université de Californie à Santa-Barbara comme Professeur de Géographie jusqu'à sa retraite.

Les recherches de Tobler, bien que fondamentalement inscrites en géographie humaine, impliquent toujours des disciplines connexes et transversales, à savoir les mathématiques pour la formalisation et le traitement numérique, l'informatique pour le développement d'outils et la cartographie pour la représentation des résultats obtenus. Dans ce court article de 1973, W. Tobler interroge le regroupement en classes qui fait partie de la méthode de représentation cartographique en plages de couleurs, les cartes choroplèthes. Il s'agit, en effet, d'une forte réduction de l'information, qui était mise en rapport avec la faible capacité de dessiner des plages de nuances complexes selon les techniques existantes. Elles sont remises progressivement en cause à l'époque, avec la disponibilité d'outils de reproduction graphique nouveaux, les traceurs et l'écran.

Les numéros entre crochets dans la version anglaise correspondent à la bibliographie.

Choropleth Maps Without Intervals ?

Waldo R. Tobler

It is now technologically feasible to produce virtually continuous shades of grey by using automatic map drawing equipment. It is therefore no longer necessary for the cartographer to “quantize” data by combining values into class intervals. As a simple illustration an automatic line plotter can be programmed to draw lines virtually any distance apart (Fig. 1). Thus, one can obtain any desired density of inked area to white area. For example, if the geographical data, symbolized by z , are normalized to lie in the range from zero to one, then an appropriate spacing of orthogonal lines of width w is given by

$$s = (w/z^x) \cdot [1 + (1 - z^x)^{1/2}].$$

Here an exponent ($x \approx 1.4$) of z has been chosen to approximate the nonlinear response of the human eye [13]. The units of the spacing s are those of w . Comparable equations are easily obtained for dashed lines or for dotted maps. **Automatic equipment that produces gray areas by modulation of light intensities can produce even more refined displays.** There thus results a choropleth map on which the **visual intensity is exactly proportional to the data intensity** (new Fig 2). Since no class intervals have been introduced, there is no quantization error [Fig. 2, 11]. The much studied [5, 6, 7, 8, 9, 10, 12] and difficult problem-of optimum class intervals is thus circumvented.

Some cartographers will still wish to group their data into classes and will argue that they do this in order to simplify or enhance the map for the user. This, then, is a problem of **map generalization** and not necessarily one of choosing class intervals. I assume that, by definition, a generalization of a choropleth map is another choropleth map, not a smooth surface, as might be built up from modeling clay. A choropleth. map can be generalized in at least four ways. First, by combining adjacent areal units (units that have similar values are made into new units whose value is some combination of the earlier values, or small units are eliminated, reducing the resolution of the data) ; secondly, by simplification of the boundaries of the areal units ; thirdly, by changing the value of each unit in some manner which depends on the values of the adjacent units [17] ; fourthly, by quantizing. the data more coarsely, i.e., by picking large class intervals, or by using some nonlinear class intervals. As an analogy, one may consider the ways of generalizing a topographic surface : by varying the spacing of the sampling points, by smoothing with a filter, or by choosing a larger or variable contour interval. The latter method is of course comparable to the choosing of class intervals for a choropleth map. Enlarging or modifying the contour interval, without simplifying

the contours, does not necessarily improve the map, but may enlarge the quantization error. Taking samples at larger or different spatial intervals is equivalent to filtering using a different two-dimensional Dirac comb [3] and thus is a type of smoothing and resolution reduction.. The more general case is to modify the values of each unit in a controlled manner that depends on the values of adjacent units [14, 15]. This is easily achieved by performing the choroplethic equivalent to taking a two-dimensional weighted moving average, as, for example, in binomial filtering [4, 16, 17]. Either smoothing or emphasis can be obtained in this manner.

The main argument in favor of using class intervals seems to be that their use enhances readability. This at least is the assertion. It seems equally plausible that this is also true of the several alternate map generalization methods cited above. If the assertion is in fact valid **why then is grouping of grays into classes not also** (e.g., in addition to spatial filtering) **used to enhance aerial photographs, or television** ? An interesting experiment would be to use choropleth-like quantization of an aerial photograph, or the picture of a person's face, to see whether this would enhance comprehension. Formulae for the optimal quantization of images are in fact given in the literature on picture processing, where the main difficulty stems from the conversion of continuous images into discrete signals, or relates to transmission band-width and noise reduction studies [1, 2, 11]. Typically, a large number (2^6) of levels are recommended (though somewhat fewer levels are required for equally satisfactory colored pictures) compared with the small number (2^2 to 2^3) used for choropleth maps. It is thus not clear **why the theory for pictures should differ from the theory for choropleth maps**, since both have visual information processing as their ultimate objective. Presumably, both have some domain of validity, but the limits need further exploration.

LITERATURE CITED

- 1 Andrews, H. C., *Computer Techniques in Image Processing*, New York, Academic Press, 1970. Pp. 136-51.
- 2 DiGiuseppe, J. L. *A Survey of Pictorial Data Compression Techniques*. Technical Report No. 16, Contract #DA-49-083 GSA-3050, University of Michigan, Ann Arbor, University of Michigan, 1969.
- 3 Goodman, J. W. *Introduction to Fourier Optics*. New York : McGraw-Hill, 1968. Pp. 14-25.
- 4 Holloway, J. L. "Smoothing and Filtering .of Time Series and Space Fields," *Advances in Geophysics*, 4 (1958), pp. 351-89.
- 5 Jenks, G. F. "Generalization in Statistical Mapping," *Annals*, Association of American Geographers, 53 (1963), pp. 15-26.
- 6 Jenks, G. F. and M. R. Coulson. "Class Intervals for Statistical Maps," *International Yearbook for Cartography*, 3 (1963), pp. 119-34.

- 7 Jenks, G. F. and F. C. Caspall. "Error on Choroplethic Maps," *Annals, Association of American Geographers*, 61 (1971), pp. 217-44.
- 8 Mackay, J. R. : "An Analysis of Isopleth and Choropleth Class Intervals," *Economic Geography*, 31 (1955), pp. 71-81.
- 9 Monmonier, M. S. "Contiguity-Biased Class-Interval Selection," *Geographical Review*, 62 (1972), pp. 203-28.
- 10 Robinson, A. H. and R. D. SALE. *Elements of Cartography*. 3rd ed. New York, Wiley, 1968. Pp. 164-70.
- 11 Rosenfeld, A. *Picture Processing by Computer*. New York : Academic Press, 1969. Pp. 20-28.
- 12 Scriptor, M.W. "Nested-Means Map Classes for Statistical Maps," *Annals, Association of American Geographers*, 60 (1970), pp. 385-93.
- 13 Stoessel, O. C. "Standard Printing Screen System," *Proceedings*, 1972 Fall Convention, American Congress on Surveying and Mapping, Columbus, Ohio, 1972, pp. 111-49.
- 14 Tobler, W. R. "Numerical Map Generalization," *Michigan Inter-University Community of Mathematical Geographers*, Paper No. 11, Ann Arbor, University Microfilms No. OP-33067, 1966.
- 15 – "Of Maps and Matrices," *Journal of Regional Science*, 7 (1967), pp. 275-80.
- 16 – "Geographical Filters and Their Inverses," *Geographical Analysis*, 1 (1969) : 234-53.
- 17 – "Choros : A Computer Program to Apply Linear Neighborhood Operators to Choropleth Maps." Ann Arbor, April, 1972. Available from the Geography Program Exchange, Computer Institute, Michigan State, University, East Lansing, Michigan 48823, U.S.A.

FIGURE 1 – Fig. 1 : Choropleth Map Without Class Intervals.

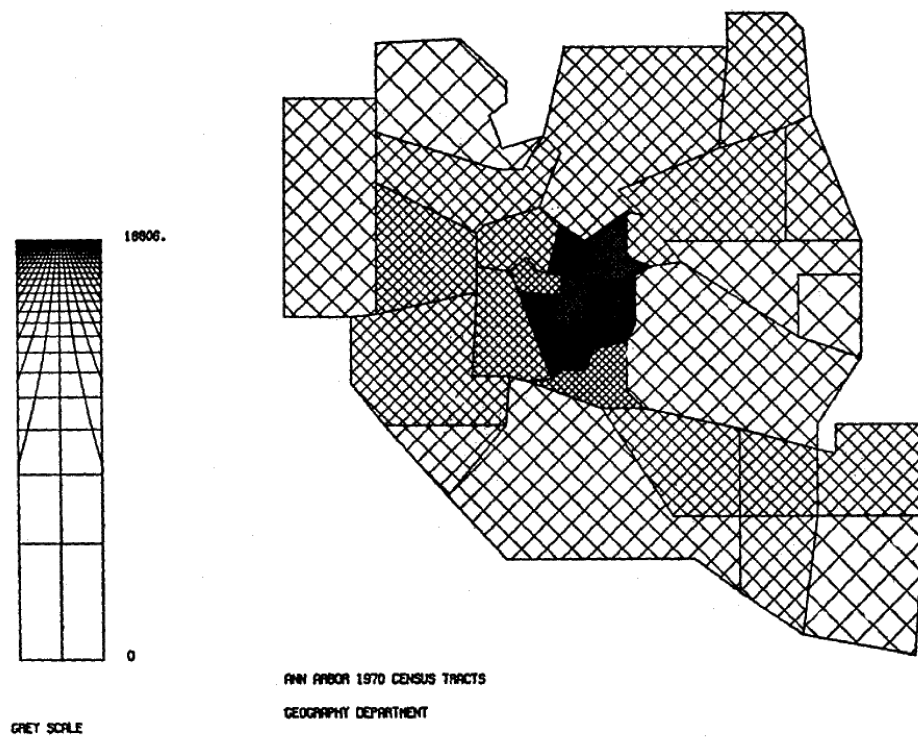
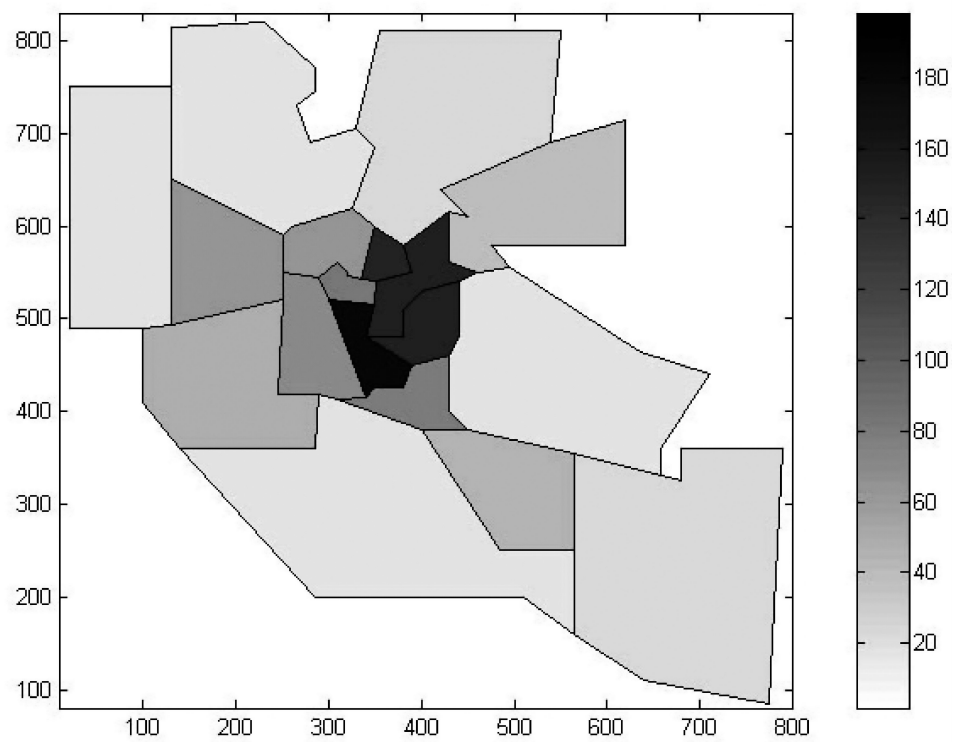


FIG. 1. Choropleth Map Without Class Intervals.

FIGURE 2 – Fig. 2 : Class Intervals not used.

Figure 2 : Class intervals not used



Des cartes choroplèthes sans classes ?

Waldo R. Tobler

Il est désormais technologiquement possible de produire des nuances de gris pratiquement continues en utilisant des équipements de dessin cartographique automatisé. Le cartographe n'est donc plus obligé de « discrétiser » les données en rassemblant les valeurs selon des intervalles de classes. Pour l'illustrer simplement, un traceur automatique peut être programmé pour dessiner des lignes selon pratiquement n'importe quel espacement (figure 1). Ainsi, on peut obtenir n'importe quelle densité de surface encrée par rapport au fond blanc. Par exemple, si les données géographiques, représentées ici par le symbole z , sont normalisées sur un intervalle de zéro à un, alors un espacement approprié s de lignes orthogonales de largeur w est donné par :

$$s = (w/z^x) \cdot [1 + (1 - z^x)^{1/2}].$$

Ici l'exposant ($x \approx 1,4$) de z a été choisi pour approcher la réponse non-linéaire de la vision humaine [13]. Les unités d'espacement s sont celles de w . Des équations comparables sont facilement obtenues pour des lignes en tiretés ou des semis de points. Un **équipement automatique produisant des surfaces grises par modulation lumineuse peut créer des représentations encore plus fines**. Il en résulte une carte choroplèthe sur laquelle **l'intensité visuelle est exactement proportionnelle à l'intensité de la valeur de la donnée** (figure 2). Parce qu'il n'y a pas eu de regroupement en classes, il n'y a pas d'erreur de discrétisation [fig. 2, 11]. Le difficile problème de l'optimisation du découpage en classes, intensément étudié [5, 6, 7, 8, 9, 10, 12], est alors contourné.

Certains cartographes voudront cependant continuer à regrouper leurs données en classes et affirmeront qu'ils le font pour simplifier ou améliorer la carte pour son utilisateur. Ceci est, alors, un problème de **généralisation cartographique**, qui n'est pas nécessairement lié au choix des bornes de classes. Je suppose ici que, par définition, le résultat de la généralisation d'une carte choroplèthe est une autre carte choroplèthe et non une surface lissée, comme on pourrait produire avec de l'argile à modeler.

Une carte choroplèthe peut être généralisée selon au moins quatre méthodes. Premièrement, en combinant des unités spatiales adjacentes (des unités dont les valeurs sont proches sont assemblées dans de nouvelles unités, les valeurs desquelles étant une combinaison des valeurs précédentes, ou des unités de petite taille dont supprimées, réduisant la résolution des données) ; deuxièmement, par la simplification des limites des unités spatiales ; troisièmement en changeant la valeur de chaque unité en tenant compte de la valeur des unités adjacentes [17] ; quatrièmement en discrétisant la donnée de manière plus grossière, par exemple en choisissant des intervalles de valeurs

plus larges pour les classes, ou en utilisant des intervalles non linéaires. Par analogie, on peut comparer ces méthodes à celles applicables pour la généralisation d'une surface topographique : en variant l'espacement des points d'échantillonnage, par lissage en utilisant un filtre ou en choisissant une équidistance plus grande entre les courbes de niveau. Cette dernière méthode est évidemment comparable au choix des intervalles de classes pour une carte choroplèthe. Élargir ou modifier l'équidistance des courbes, sans en modifier le tracé, n'apporte pas forcément d'amélioration de la carte mais peut augmenter l'erreur de discrétisation. La prise en compte de points-échantillons selon des intervalles plus grands ou plus variés équivaut à un filtrage en utilisant une distribution en peigne de Dirac [3] à deux dimensions différentes, ce qui correspond en fait à un type de lissage et de réduction de la résolution. Le cas plus général consiste à modifier les valeurs de chaque unité spatiale en tenant compte des valeurs adjacentes [14, 15]. Son équivalent sur les cartes choroplèthes est aisément obtenu en calculant une moyenne mobile pondérée en deux dimensions, par exemple un filtrage binomial [4, 16, 17]. On peut ainsi obtenir un lissage (une atténuation) ou un renforcement.

Le principal argument en faveur de l'utilisation de classes semble être celui de l'amélioration de la lisibilité. C'est, du moins, l'affirmation qui est faite. Il semble également plausible que cette amélioration peut être obtenue par les différentes méthodes alternatives de généralisation cartographique citées ci-dessus. Si cette affirmation est en fait valide, **alors pourquoi le regroupement de valeurs de gris en classes n'est-il pas aussi utilisé (en plus du filtrage spatial) pour améliorer les photographies aériennes ou les images télévisées ?** Une expérience intéressante consisterait à utiliser une discrétisation de type choroplèthe sur une photographie aérienne ou sur l'image d'un visage pour voir si on améliore ainsi leur compréhension. Différentes formules pour la discrétisation optimale des images sont proposées dans la littérature sur le traitement d'image, dans laquelle la principale difficulté se situe autour de la conversion d'images basées sur les valeurs continues en signaux discrets, ou dans les domaines de la bande passante de transmission et de la réduction du bruit [1, 2, 11]. Typiquement, un grand nombre (2^6) de niveaux y est recommandé (cependant, pour des images en couleurs satisfaisantes, un nombre un peu moins élevé est requis), en comparaison avec le petit nombre (2^2 ou 2^3) de niveaux utilisé couramment pour les cartes choroplèthes. Ainsi, **il n'y a pas d'explication claire sur cette différence entre la théorie pour les images et celle pour les cartes choroplèthes** car ces supports ont tous deux le traitement visuel de l'information comme objectif ultime. Ces deux théories ont vraisemblablement chacune leur domaine de validité mais leur frontière reste à explorer plus avant.

RÉFÉRENCES CITÉES

- 1 Andrews, H. C., *Computer Techniques in Image Processing*, New York,

- Academic Press, 1970. Pp. 136-51.
- 2 DiGiuseppe, J. L. *A Survey of Pictorial Data Compression Techniques*. Technical Report No. 16, Contract #DA-49-083 GSA-3050, University of Michigan, Ann Arbor, University of Michigan, 1969.
 - 3 Goodman, J. W. *Introduction to Fourier Optics*. New York : McGraw-Hill, 1968. Pp. 14-25.
 - 4 Holloway, J. L. « Smoothing and Filtering of Time Series and Space Fields », *Advances in Geophysics*, 4 (1958), pp. 351-89.
 - 5 Jenks, G. F. « Generalization in Statistical Mapping », *Annals*, Association of American Geographers, 53 (1963), pp. 15-26.
 - 6 Jenks, G. F. et M. R. Coulson. « Class Intervals for Statistical Maps », *International Yearbook for Cartography*, 3 (1963), pp. 119-34.
 - 7 Jenks, G. F. et F. C. Caspall. « Error on Choroplethic Maps », *Annals*, Association of American Geographers, 61 (1971), pp. 217-44.
 - 8 Mackay, J. R. : « An Analysis of Isopleth and Choropleth Class Intervals », *Economic Geography*, 31 (1955), pp. 71-81.
 - 9 Monmonier, M. S. « Contiguity-Biased Class-Interval Selection », *Geographical Review*, 62 (1972), pp. 203-28.
 - 10 Robinson, A. H. et R. D. Sale. *Elements of Cartography*. 3^e éd. New York, Wiley, 1968. Pp. 164-70.
 - 11 Rosenfeld, A. *Picture Processing by Computer*. New York : Academic Press, 1969. Pp. 20-28.
 - 12 Scriptor, M.W. « Nested-Means Map Classes for Statistical Maps », *Annals*, Association of American Geographers, 60 (1970), pp. 385-93.
 - 13 Stoessel, O. C. « Standard Printing Screen System », *Proceedings*, 1972 Fall Convention, American Congress on Surveying and Mapping, Columbus, Ohio, 1972, pp. 111-49.
 - 14 Tobler, W. R. « Numerical Map Generalization », *Michigan Inter-University Community of Mathematical Geographers*, Paper No. 11, Ann Arbor, University Microfilms No. OP-33067, 1966.
 - 15 – « Of Maps and Matrices », *Journal of Regional Science*, 7 (1967), pp. 275-80.
 - 16 – « Geographical Filters and Their Inverses », *Geographical Analysis*, 1 (1969) : 234-53.
 - 17 – « Choros : A Computer Program to Apply Linear Neighborhood Operators to Choropleth Maps ». Ann Arbor, April, 1972. Available from the Geography Program Exchange, Computer Institute, Michigan State, University, East Lansing, Michigan 48823, U.S.A.

Figure 1 : Cartes choroplèthes sans intervalles de classes

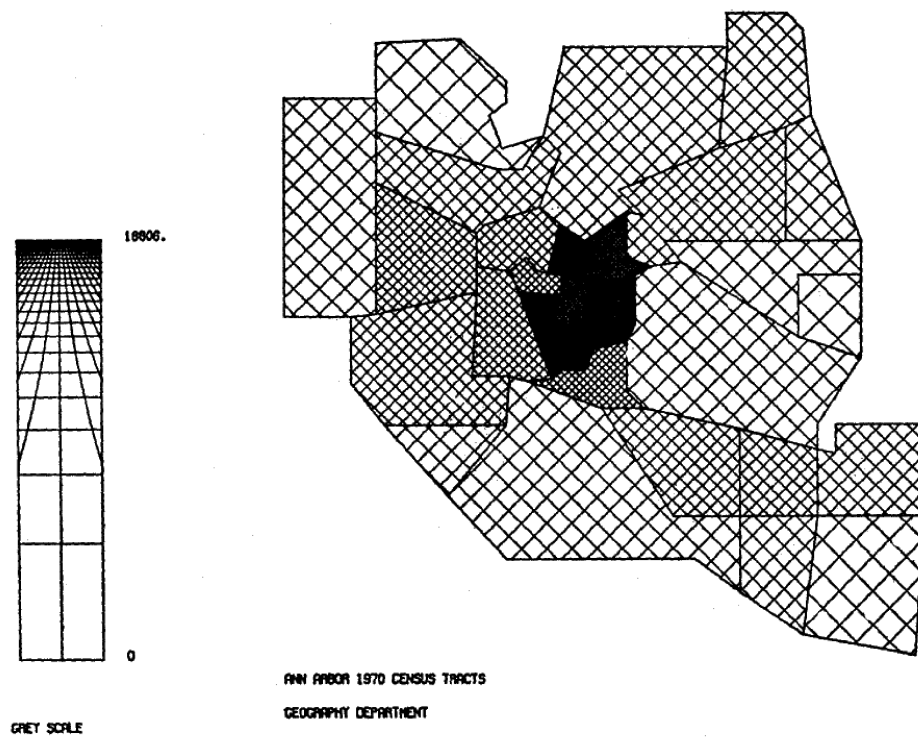
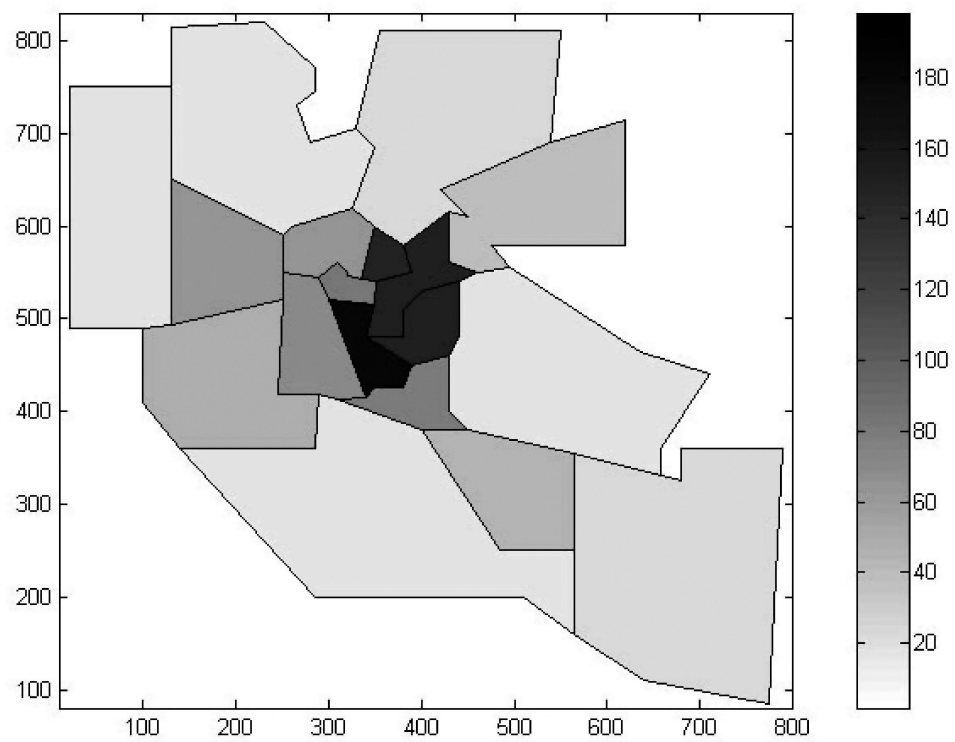


FIG. 1. Choropleth Map Without Class Intervals.

Figure 2 : Intervalles de classes non utilisés

Figure 2 : Class intervals not used





La collection « [traductions](#) » du groupe *Tribute to Tobler* propose des rééditions bilingues et commentées d'articles, publiés ou inédits, de Waldo Tobler. Responsable scientifique : Françoise Bahoken (Université Gustave Eiffel) ; éditeur : Laurent Beauguitte (UMR Géographie-cités).

Disponibles en ligne

- F. Bahoken, 2022, « [W. R. Tobler, 1969, Review of Sémiologie graphique: Les Diagrammes – Les réseaux – Les Cartes](#) ».
- F. Bahoken, 2022, « [W. R. Tobler, nd, Statistical Cartography: what is it?](#) ».
- F. Bahoken, 2022, « W. R. Tobler, 1975, Cartographie analytique ».
- L. Jégou, 2022, « W. R. Tobler, 1973, Choropleth Maps Without Intervals? ».